

HORS SÉRIE

LES CAHIERS SCIENCE & VIE

RECONSTRUIRE
NOTRE-DAME
2€ REVERSÉS
AU FONDS
NOTRE-DAME DE PARIS

NOTRE-DAME DE PARIS
BEL : 7,90€ - ESP : 7,90€ - GR : 7,90€ - DOM S : 7,90€ - ITA : 7,90€ - LUX : 7,90€ - PORT CONT : 7,90€ - CAN : 12\$CAN - MAR : 90DH - TOM S : 1000GFP - TOMA : 1200CFP - CH : 9,5FS - TUN : 20DTU

NOTRE-DAME DE PARIS

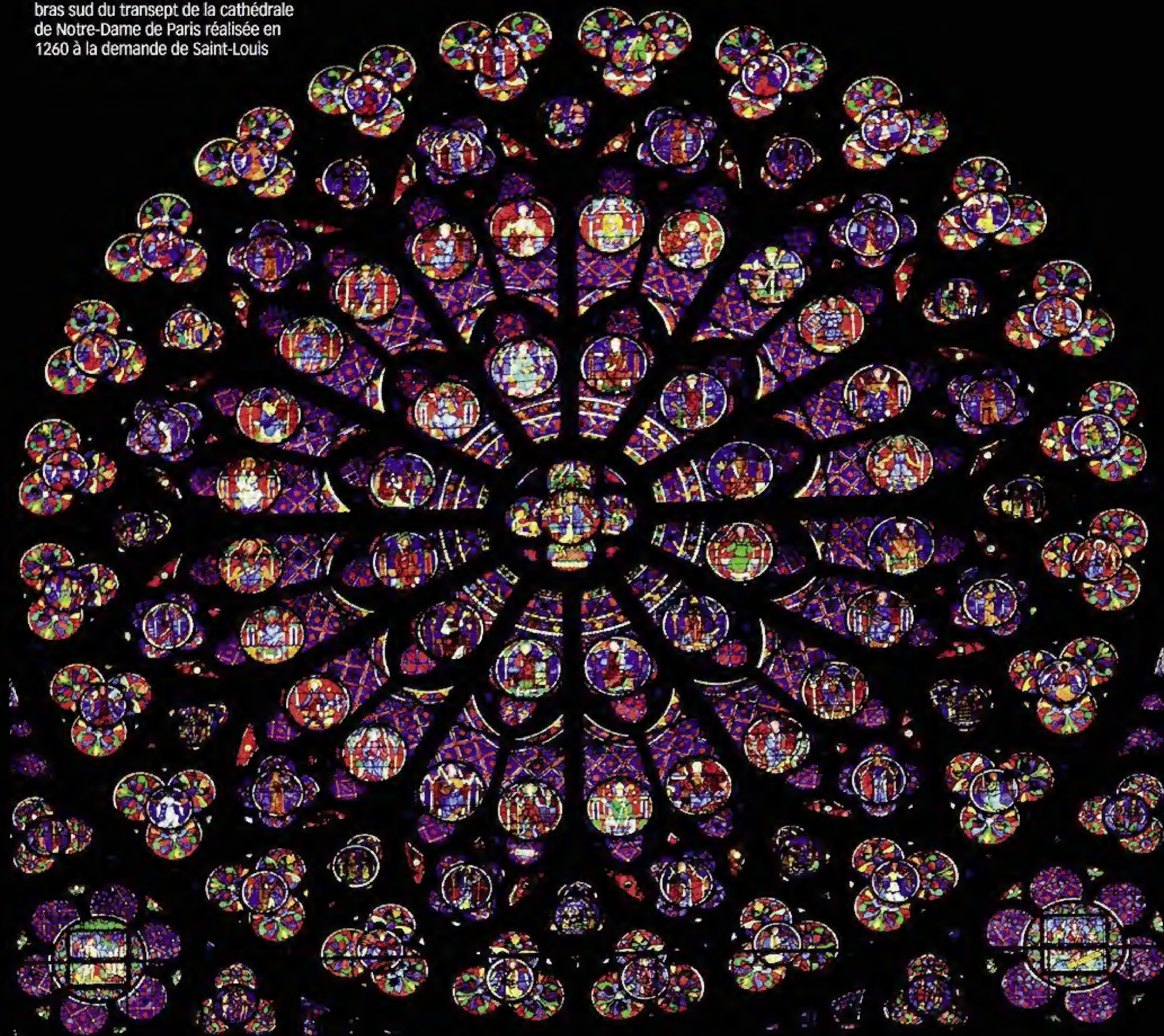
ET LES SECRETS
DES BÂTISSEURS DE CATHÉDRALES

M 01415 - 1H - F : 7,90 € - RD



À PARTIR DES PLUS BELLES PAGES DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

La rosace sud ou rose du Midi dans le bras sud du transept de la cathédrale de Notre-Dame de Paris réalisée en 1260 à la demande de Saint-Louis



ÉDITORIAL

Depuis plus de 15 ans, notre publication « Les Cahiers de Science & Vie » rend compte des travaux de scientifiques de tous horizons cherchant à mieux connaître notre passé, les modes de vie, les savoirs et les techniques de ceux qui nous ont précédés. A ce titre, nous avons eu l'occasion à maintes reprises d'éclairer nos lecteurs sur les secrets des bâtisseurs de cathédrales. Les meilleures de nos pages sont ici rassemblées au sein de ce numéro hors-série. Notre-Dame de Paris y occupe une place toute particulière. Toutes furent écrites avant le terrible incendie du 15 avril au soir qui a ravagé la majeure partie de sa toiture, eu raison des 500 tonnes de bois de chêne et des 250 tonnes de plomb de la deuxième flèche édifiée par le charpentier Bellu durant la deuxième moitié du XIXe siècle. Sans oublier les nombreux autres dommages dont la liste reste incertaine à l'heure où nous écrivons ces lignes.

Le choc à peine dissipé, l'heure est déjà à la reconstruction. D'une ampleur vertigineuse, le chantier qui s'annonce titanesque et imposera de trancher quantité de questions particulièrement délicates. Les « Cahiers de Science & Vie » ne manqueront pas, bien sûr, d'en rendre compte dans ses prochaines éditions. Mais d'ores et déjà, une chose est sûre : la reconstruction de Notre-Dame de Paris devra pouvoir compter sur des moyens, eux aussi, hors normes. C'est pourquoi nous avons décidé, en rendant hommage à notre façon à cet édifice tellement emblématique de la France et de son histoire, de reverser au **Fonds Notre-Dame de Paris** 2 euros pour chaque exemplaire vendu. Ainsi, nous contribuerons ensemble, cher lecteur, et à notre modeste mesure, au financement de ce chantier d'exception. Soyez-en remerciés.

La rédaction

En partenariat avec



LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE 3



Interieur de la cathedrale Notre-Dame de Paris





LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES
LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES
LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES

1/ SOMMAIRE NOTRE-DAME DE PARIS

> CAHIER PHOTOS : UNE NEF ENTRE DEUX RIVES	10
> L'ENSEMBLE CATHÉDRALE DE MAURICE DE SULLY	16
> NOTRE-DAME DU LUTÉTIEN	26
> ANATOMIE D'UN CHEF-D'ŒUVRE]	30
> CHRONIQUE D'UN CHANTIER	34
> LE LYS ET LA CROSSE	46
> LA FOIRE AUX LARDS	54
> ENTRE MOINES ET MARCHANDS	62

LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES
LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES
LA COLLECTION DES CAHIERS DE S&V

2 / SOMMAIRE LES CATHÉDRALES

> MÉTAMORPHOSES DE L'ARCHITECTURE SACRÉE	70
> DES MONUMENTS QUI JOUENT AVEC LA MÉCANIQUE	78
> BEAUVAIS : AU-DELÀ DES NORMES ?	88
> LES PIERRES FONT CARRIÈRES	94
> DES GÉOMÈTRES CONSTRUCTEURS	98
> BESTIAIRE DES INSTRUMENTS DE LEVAGE	108
> ENDUITS ET MORTIERS HUMBLES ET DISERTS	112
> LA MARQUE DU FER	116
> L'ART NOUVEAU DES HAUTES CHARPENTES	120
> DES VERRIERS À LA CORBEILLE ?	124
> LES OUTILS DE LA TAILLE	128
> DES CATHÉDRALES EN LEUR QUARTIER	132
> LES DENIERS DES CATHÉDRALES	140
> LES CATHÉDRALES ET LE LABORATOIRE	148
> LA PHYSIQUE POUR COMPRENDRE	154

JEAN SOUTIF

LES BÂTISSEURS DU SACRÉ

NOTRE-DAME DE PARIS





1

LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES
LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES
CAHIERS DE SCIENCE & VIE



« L'ARCHIDIACRE S'ÉTAIT PRIS
D'UNE PASSION SINGULIÈRE
POUR LE PORTAIL SYMBOLIQUE
DE NOTRE-DAME »

(Victor Hugo, *Notre-Dame de Paris*)



Parvis de Notre-Dame.
De gauche à droite,
portail du Couronnement de
la Vierge, portail du Jugement
dernier, portail Sainte-Anne

NOTRE-DAME DE PARIS



« NOTRE-DAME EST BIEN VIEILLE:
ON LA VERRA PEUT-ÊTRE ENTERRER
PARIS QU'ELLE A VU NAÎTRE... »

(Gérard de Nerval, *Notre-Dame de Paris*)


Le parvis depuis
Notre-Dame

Gros plan du portail
central et du tympan
du Jugement dernier

PHOTOS MANUEL COHEN - ART ARCHIVE







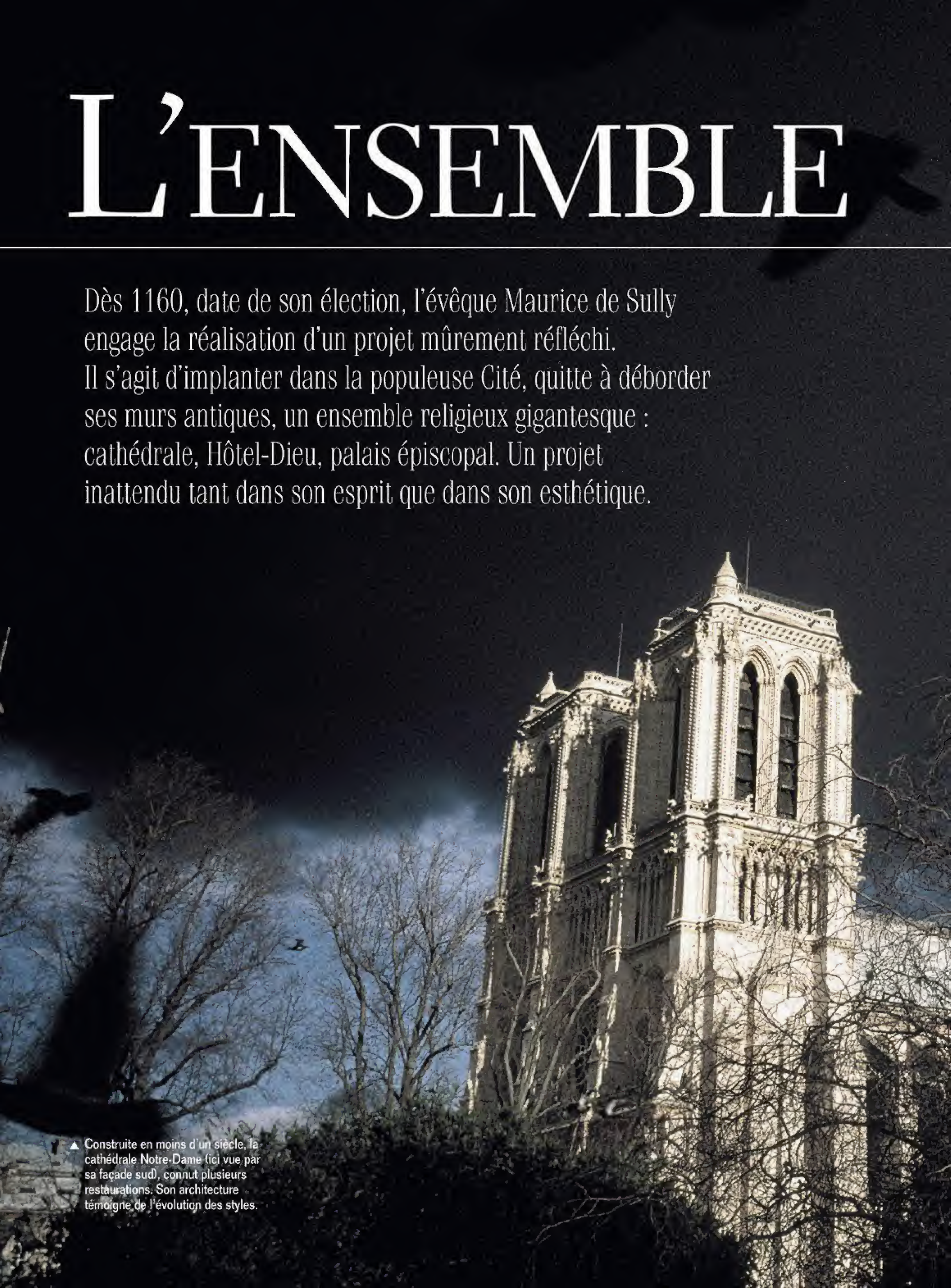
La façade principale ouest

« NOS ESPOIRS NE SERAIENT-ILS QUE DES PRÉTEXTES À NOS ÉLANS ? »

Jean Rostand

L'ENSEMBLE

Dès 1160, date de son élection, l'évêque Maurice de Sully engage la réalisation d'un projet mûrement réfléchi. Il s'agit d'implanter dans la populeuse Cité, quitte à déborder ses murs antiques, un ensemble religieux gigantesque : cathédrale, Hôtel-Dieu, palais épiscopal. Un projet inattendu tant dans son esprit que dans son esthétique.



▲ Construite en moins d'un siècle, la cathédrale Notre-Dame (ici vue par sa façade sud), connut plusieurs restaurations. Son architecture témoigne de l'évolution des styles.

CATHÉDRALE DE MAURICE DE SULLY





▲ À la croisée du transept s'élance, à 90 m du sol, la flèche. Elle fut reconstruite sur le modèle de l'ancienne (XIII^e s.) par Viollet-le-Duc (1859).

L

île de la Cité offre au milieu du XII^e siècle l'aspect de nombre d'autres villes du nord de la France. Elle est enfermée par l'enceinte romaine qui subsiste encore en grande partie. À l'intérieur, elle abrite à

l'ouest l'ancien palais réaménagé peu à peu par les souverains qui se sont succédé depuis que Clovis a désigné Paris comme capitale de son jeune royaume ; à l'est, la ville sainte implantée au milieu du IV^e siècle en respectant en partie la topographie antique. Entre les deux, une population active s'est pliée aux différentes contraintes et a petit à petit renouvelé les constructions romaines au profit d'un habitat adapté aux besoins nouveaux.

Les découvertes de Théodore Vacquer au XIX^e siècle, celles de Michel Fleury à la fin du XX^e siècle, ont mis au jour les vestiges d'un édifice exceptionnel : une cathédrale constituée de cinq vaisseaux, ce qui lui donnait une largeur de 30 m. La longueur n'est pas connue, mais devait atteindre 80 à 100 m si on la compare à Sainte-Agnès à Rome. Les colonnes de marbre dont certaines subsistent encore témoignent de sa beauté intérieure, rehaussée par des chapiteaux de marbre dont l'un a été retrouvé (Musée national du Moyen Âge) et par la mosaïque dont Vacquer a exhumé quelques fragments. La cathédrale de Paris rivalisait avec les plus belles réalisations de Constantin à Rome comme en Orient, en Gaule avec la cathédrale

de Trèves découverte après la Seconde Guerre mondiale. Elle relève de la même esthétique avec ses murs minces, ses nombreuses baies qui apportaient la lumière et sa charpente pour couvrir un vaisseau central de 10 m de large.

Cette cathédrale a fait l'objet de travaux importants dès avant le milieu du siècle. Ils ont consisté en une remise en l'état du gros œuvre que l'on attribue généralement à l'un des chanoines, Étienne de Garlande, qui a été entre autres chancelier (mort en 1148). Cette opération s'est étendue également au décor. L'abbé Suger de Saint-Denis (1122-1151) a fait don d'un vitrail sur lequel on sait peu de chose si ce n'est qu'il était suffisamment précieux pour avoir été démonté et remonté dans la nouvelle cathédrale. Il en est allé de même du « portail royal » dont l'évêque Thibaut avait orné l'accès des fidèles. Il était consacré comme la cathédrale à la Vierge, avec son tympan, son linteau, ses quatre rangées de voussures et les huit statues-colonnes des piédroits. Il avait été précieusement démonté et remonté lors de la construction de la nouvelle façade, complété d'un second linteau, d'une rangée de voussures et dédié en raison de l'iconographie du nouveau linteau, à la mère de la Vierge, sainte Anne, dont le culte se répandait alors. En 1160, au moment de l'élection de Maurice de Sully à la chaire épiscopale de Paris, la cathédrale antique a fière allure et rivalise avec toutes les autres cathédrales du Nord, à l'exception de Sens et de Noyon en cours de construction.

Pourquoi une nouvelle cathédrale ?

La documentation historique se montre singulièrement avare sur les motivations du nouvel évêque de reconstruire un édifice neuf, comme elle n'apporte aucune information sur la date du début des travaux. Aucun incendie n'est mentionné dont les historiens de l'art sont si friands pour justifier par une cause matérielle et simpliste une action qui relève d'un choix fondamental du « décideur ». Celui de Maurice nous apparaît à l'analyse des motifs de son élection, de son action religieuse et surtout de l'entreprise lancée avec une rare audace.

À la mort de Pierre Lombard (juillet 1160), élu en juin 1159 dans des conditions difficiles, deux candidats se présentent aux suffrages des chanoines : Pierre le Mangeur et Maurice de Sully, l'un et l'autre membres du chapitre de la cathédrale. La difficulté à trancher incite les chanoines à interroger le roi qui leur répond de façon lapidaire : « *Choisissez le plus zélé pour le gouvernement des âmes ; réservez le*



Un théologien visionnaire

Si Maurice de Sully (sceau de cire, ci-contre) engage la construction de Notre-Dame, il ne peut voir ses tours qui ne seront terminées qu'en 1250. Les chimères qui les agrémentent sont, elles, du XIX^e s.



plus instruit pour la direction des écoles. » Maurice l'emporte auréolé d'une grande réputation, il est régent de l'école cathédrale et s'est affirmé comme un pasteur exemplaire par son enseignement et aussi et surtout par son sens de la prédication. Il sait s'adresser aux clercs, comme aux fidèles, dans la langue vernaculaire, dans un style clair, bannissant les méandres d'une pensée trop élaborée. Le lien spécifique qu'il a avec les fidèles prend une résonance particulière à l'analyse de l'entreprise.

Il est certain que le projet a fait l'objet d'une longue méditation semblable à celle de l'abbé Suger à Saint-Denis, à la même époque. Bien avant son élection, qu'il a préparée depuis de nombreuses années, il a élaboré un programme ambitieux en prenant en compte les réalités contemporaines et les préoccupations spirituelles.

La « ville neuve »

Le phénomène qui a dû frapper Maurice, comme bien d'autres prélats du milieu du XII^e siècle, a été le mouvement démographique amorcé dès l'an mille et qui, à cette époque, a pris une ampleur exceptionnelle notamment dans le nord de la France. Il touche principalement les villes qui, désertifiées depuis l'époque carolingienne, se remplissent d'une population jeune, active, dynamique, ambitieuse, désireuse de bénéficier des ressources de la vie. Paris en offre l'exemple le plus convaincant. La rive droite de la Seine que les Romains avaient délaissée en raison des risques d'inondations, a été petit à petit conquise à partir des différents monceaux qui émergeaient. La densification a abouti à une « ville neuve », spontanée, que le roi a favorisée. Aux contemporains, le mouvement a paru sans fin. Il s'est poursuivi durant un siècle pour faire de Paris, au XIII^e siècle, la ville la plus peuplée d'Europe, avec un chiffre qui avoisine les 200 000 habitants. Entre-temps, le pouvoir civil a pris conscience des conséquences bénéfiques de cet apport humain. Philippe Auguste a construit sur la rive droite, en 1190, une vaste enceinte protégée, physiquement et psychologiquement, par la puissante forteresse du Louvre. Il a complété l'opération



▲ L'Hôtel-Dieu, côté parvis, avec la chapelle d'entrée et l'extension de style gothique flamboyant. (Reconstitution du XV^e siècle.)

sur la rive gauche dix ans plus tard par une seconde muraille destinée à peupler un terrain peu habité. Maurice a compris depuis longtemps sa mission de pasteur devant cette masse humaine.

Comme bien des prélats du nord de la France, évêques ou abbés, Maurice (mort en 1196) appartient à ce qu'il est convenu d'appeler « le mouvement grégorien ». Il s'inscrit dans une longue tradition de l'église catholique, relayée à différentes époques. Déjà Grégoire I^{er} a joué un rôle décisif dans les rapports de l'Eglise avec les fidèles. Les souverains carolingiens ont cherché à réformer le clergé séculier et régulier, l'abbaye de Cluny a mis en évidence la place de l'église et de la foi dans la société et a conquis les « politiques » ; enfin à Paris au début du XII^e siècle, la création, au pied de la Montagne Sainte-Geneviève, de ce qui va bientôt devenir l'abbaye des chanoines de Saint-Victor, doit marquer grâce à son enseignement plusieurs générations de religieux. Hugues (mort en 1141) attire les esprits les plus brillants de l'Europe du Nord, et leur insuffle une culture nourrie de la pensée néoplatonicienne. Ses commentaires de l'œuvre du fameux Pseudo-Denys-l'Aréopagite ont fortement marqué : Maurice, Suger,

Découvertes de Théodore Vacquer



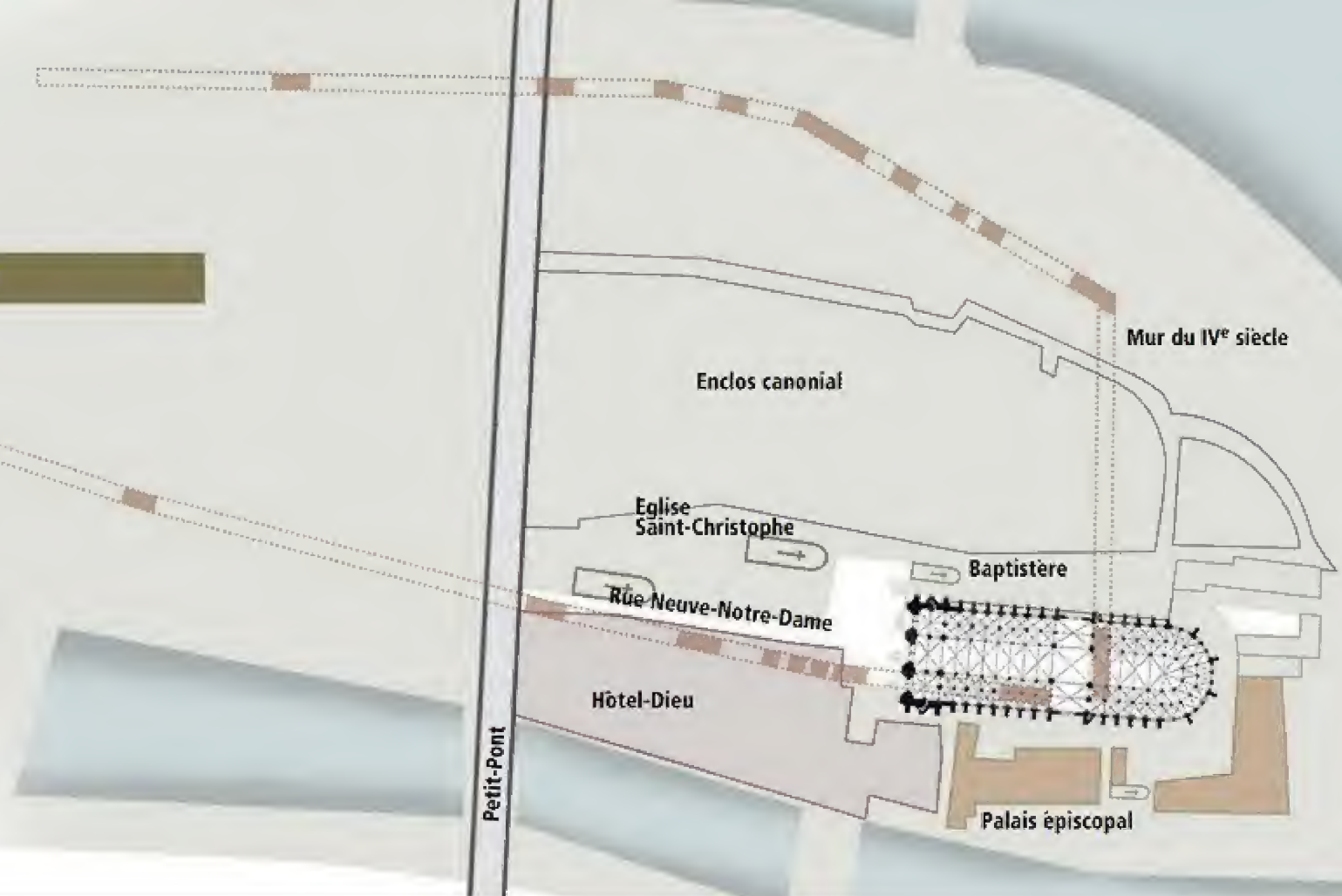
Les fouilles de Théodore Vacquer au XIX^e s et celles, plus tardives de Michel Fleury, ont permis de mieux connaître l'emplacement et les dimensions de la cathédrale antique qui s'est effacée devant Notre-Dame.



▲ Fragments de mosaïque. Dessins par Vacquer.

La Cité sort de ses murs

L'emprise considérable de l'ensemble – cathédrale, Hôtel-Dieu, palais épiscopal – a nécessité de placer les nouvelles constructions au-delà de l'enceinte antique de la Cité. L'édification du chevet fut rendue possible par le comblement du cours d'eau qui séparait l'île de la Cité de l'île Notre-Dame. De grands travaux d'aménagement de terrains ont aussi précédé les constructions côté sud du parvis.



Pierre de Celle, abbé de Saint-Remi de Reims, Arnoul, évêque de Lisieux et bien d'autres qui se sont lancés dans la reconstruction de leur édifice de culte.

Tous partagent la même sensibilité et les mêmes préoccupations : les fidèles, les besoins liturgiques apparus au cours du XI^e siècle, le culte des reliques, la position du célébrant non plus tourné vers l'ouest comme il l'était aux premiers temps chrétiens, mais vers l'est, enfin la nouvelle esthétique apparue au Mont-Cassin avec Didier et diffusée au début du XII^e siècle, à Rome. Ce que l'on a appelé la « renaissance paléochrétienne » renoue, dans le domaine artistique, avec les premiers temps de l'Eglise non seulement dans le domaine de la pensée, mais également dans celui de l'esthétique. En renouvelant la cathédrale de Paris, Maurice a cherché à intégrer ces différentes données.

Le programme longuement mûri par Maurice a abouti à un projet dont l'ampleur renoue avec ceux des premiers temps chrétiens : implanter une cathédrale ou plutôt un ensemble cathédral dans un tissu urbain existant et riche de son activité humaine. Sa première tâche a été le choix d'un architecte sans lequel il ne pouvait avancer. Il établit une collaboration efficace pour définir les différentes étapes. La première concerne le financement de l'opération qui passe par l'estimation du coût. Pour éviter le drame de la rupture financière qui aboutit à l'interruption des travaux et à la dispersion des équipes, il doit prévoir des ressources régulières. Comme le dit l'un des chroniqueurs, il fait appel à ses propres ressources. La mense épiscopale, c'est-à-dire la part des revenus de l'évêché revenant à l'évêque, était conséquente. Il lui suffit comme Suger à Saint-Denis, ou Arnoul à Lisieux de réorganiser son administration financière pour que l'abondement des crédits soit effectué de façon régulière. Aux revenus ordinaires se sont ajoutées les ressources « extraordinaires », toujours hypothétiques. Il faut, sur ce point,

rappeler que l'intervention royale ici comme dans les autres cathédrales, a été insignifiante. Les chanoines, responsables du second œuvre, ne se sont pas montrés coopératifs. Maurice s'est vu contraint de les subventionner pour financer la commande de la table d'or dont la charge leur revenait. Il est plus difficile de se prononcer sur la générosité des fidèles : les

quêtes se révèlent décevantes, les dons plus prometteurs. Quoi qu'il en soit, il faut souligner que l'ouverture du chantier a concerné la totalité de l'opération et que les travaux ne paraissent pas avoir été interrompus, ni ralentis. Maurice, avant sa disparition, a prévu le finan-

cement de la couverture de plomb. En 1196, à sa mort, il reste à implanter la façade et à la relier aux travées orientales achevées.

La volonté de Maurice de renouveler la ville sainte à l'intérieur de l'île de la Cité se révèle délicate à mettre en œuvre. Le terrain *intra-muros* est relativement petit comme il l'était dans la plupart des villes antiques. L'estimation est rendue difficile notamment à l'ouest où le tracé du mur antique n'est pas connu, alors qu'il a été découvert à l'est, au sud et au nord. À l'est, les architectes Moreau de Mautour et Baudelot chargés de creuser la crypte des archevêques l'ont mis au jour en 1711 dans le chœur. Ils ont rédigé un rapport pour décrire la découverte du fameux Pilier des Nautes (Musée national du Moyen Âge).

Déjà la chapelle Saint-Aignan...

La cité occupe vraisemblablement entre 5 et 7 hectares et l'ampleur du projet exige de situer une partie des constructions *extra-muros*. Il ne s'agit pas de la première remise en cause de l'enceinte. Vers 1120, la chapelle Saint-Aignan a été établie à l'extérieur au nord. Il faut cependant obtenir l'autorisation royale pour les autres effractions : à l'est pour le chevet, au sud pour le palais et l'Hôtel-Dieu. La présence d'une



▲ Huit siècles après sa construction, Notre-Dame de Paris porte encore le message spirituel voulu par Maurice de Sully : s'élever au-dessus de la Cité. Outre la cathédrale, on aperçoit, à droite de la rue Saint-Jacques : l'Hôtel-de-Ville, le centre Georges Pompidou ; à gauche, l'église Saint-Séverin ; plus loin, Saint-Vincent-de-Paul, le Sacré-Cœur.

île, cédée par Charles le Chauve en 867, à l'évêque Enée, permet d'imaginer de dresser le chevet du nouvel édifice sur un terrain non construit, après que le cours d'eau qui sépare l'île Notre-Dame de l'île de la Cité a été comblé. Quant au sud, les fondations des nouveaux édifices se sont effectuées sur une rive non stabilisée.

Le plan mis au point par l'architecte est gigantesque. Il débute par la disparition des différents édifices remplacés par les nouveaux au fur et à mesure de la construction : d'abord la cathédrale du IV^e siècle, l'Hôtel-Dieu situé à l'angle nord-ouest de celle-ci, le palais épiscopal dont l'emplacement n'est pas connu, l'enceinte antique à l'est et au sud. L'évêque a pris soin de ne pas toucher à l'enclos canonical afin d'éviter de toucher « aux droits acquis » des chanoines. L'architecte a dessiné son plan suivant l'axe est-ouest, donné par le tracé d'une rue, « la rue Neuve » ou la « rue Neuve-Notre-Dame » destinée à relier la future façade au *cardo* antique, et au-delà à la rive gauche et à la rive droite et enfin à l'ensemble du diocèse. Elle doit être percée à travers un tissu urbain très dense pour s'ouvrir sur le parvis profond de 40 m au-devant de la façade. L'axe se poursuit avec la cathédrale elle-même sur 122,50 m de longueur. L'Hôtel-Dieu et le palais doivent prendre place au sud.

Des travaux menés de front

L'étape suivante a consisté pour l'architecte à matérialiser au sol les différents bâtiments. C'est ainsi qu'il définit avec précision le tracé de la rue Neuve dans l'axe du trumeau du portail central comme le montre la gravure de Boffrand mis en place 40 ans plus tard. Les repérages ont été effectués alors que la cathédrale du IV^e siècle subsiste en avancée de 40 m sur la future façade. Celle-ci a été alignée sur l'ancien baptistère pour former un front oriental du parvis. Celui de 40 m de profondeur prend la place des travées occidentales de la cathédrale antique. Quant à l'Hôtel-Dieu et au palais, la différence de hauteur

entre les niveaux de la Seine et le sol de la Cité exige des travaux très lourds.

Les différentes opérations ont été lancées en même temps comme on le constate à l'analyse des rares documents qui nous sont parvenus. La plus ancienne mention des travaux remonte à 1163 avec le percement de la rue et en 1164 avec l'Hôtel-Dieu. Quant à la cathédrale, le début des travaux n'est pas connu. La date de 1163, souvent évoquée, ne concerne pas l'édifice, mais la présence du pape Alexandre III à Paris. Il n'a jamais été question au cours de ce séjour de la pose d'une première pierre. Il est plus vraisemblable que les travaux ont commencé dès l'élection de Maurice en 1160 par le chevet où le terrain libre de toute construction offre les possibilités d'agir vite.

La « rue Neuve » établit un lien étroit entre l'église et la ville

Les trois bâtiments nouvellement construits obéissent à un schéma nouveau fondé sur l'étude attentive de leur finalité. Le palais épiscopal est constitué de trois bâtiments distincts mais très étroitement liés : l'*aula* à deux étages dont le supérieur entièrement dégagé pour

accueillir les différentes assemblées ; la chapelle également à deux étages, immédiatement à l'est, et la tour destinée entre autres à la chambre de l'évêque, en liaison avec la cathédrale. Le palais est entouré de jardins. L'Hôtel-Dieu tire profit de son site, l'eau et le soleil et les différents bâtiments sont adaptés aux besoins des malades avec séparation entre les « passants » et « les gisants ». Le parvis renoue avec la tradition antique de l'atrium, mais s'en distingue par ses fonctions. Il s'ouvre sur la cité dont il n'est séparé que par de simples bornes. Cet espace crée un lien étroit entre la ville et l'espace sacré de la cathédrale. À la limite occidentale, une fontaine évoque celle que l'on trouvait dans les basiliques romaines.

Le plan de la cathédrale relève également d'une conception nouvelle destinée à réunir dans un seul édifice les différentes fonctions de la cathédrale. Il faut l'analyser dans son schéma du XII^e siècle avant les modifications du siècle suivant : adjonction de chapelles entre les contreforts, allongement d'une tra-

A lire

• A. Erlande-Brandenburg, *Notre-Dame de Paris*, Paris, 1991.



vée des bras du transept et construction d'un portail à chacune de ses extrémités. Au XII^e siècle, l'enveloppe extérieure englobe les cinq vaisseaux et le double déambulatoire sans aucune excroissance extérieure. Les vaisseaux – celui du centre fait 12 m de large – se poursuivent au-delà du transept. L'architecte a divisé la longueur en deux parties de même largeur si l'on fait abstraction du massif occidental. Cette égalité a été imposée par le maître d'ouvrage à l'architecte pour souligner l'égalité de traitement des religieux et des fidèles.

La cathédrale et les paroisses

L'archevêque de Sens avait inauguré la formule dès 1130 : la partie orientale de la cathédrale réunissait en un ensemble liturgique homogène le maître-autel et le chœur des religieux ; les travées de la nef étaient destinées aux fidèles. Maurice s'est contenté de souligner cette distinction par un transept et une clôture basse entre les piles orientales de la croisée. Comme l'archevêque de Sens, il a placé le maître-autel sous la clé octopartite du chevet pour mettre en valeur la sacralité du sanctuaire. Mais à la différence de celui-ci, il a supprimé les autels secondaires pour souligner le rôle capital de l'autel majeur réservé à l'évêque. Ici encore la tradition des premiers temps chrétiens s'est imposée pour rendre à la cathédrale sa signification première : l'église du diocèse réservée à la mission de son pasteur. Il réorganise en même temps le schéma paroissial de Paris pour assurer une meilleure prise en compte des fidèles mais aussi pour mieux distinguer les fonctions de la cathédrale et des paroissiales dans la vie religieuse de la cité.

Le plan adopté à Sens et à Paris révèle l'inspiration antique avec son schéma circiforme qui était celui de Sainte-Agnès à Rome et à Andernos, en Gironde. Il est complété par le parti de la façade harmonique. Cette dernière offre l'avantage avec ses trois portails et ses deux tours d'être un accueil aisé pour les fidèles et un signe visible et audible pour la totalité de la cité. Cette recherche de liaison s'étend à Sens comme à Paris au sol : il est en continuité entre la ville et la cathédrale. Il en était de même à

Saint-Denis, avant que Napoléon n'exige de l'architecte qu'il dispose au-devant de la façade des marches qui créent une rupture maladroite.

L'élévation primitive de la cathédrale de Paris avant les modifications du XIII^e siècle était à quatre niveaux : grandes arcades, tribunes, oculus obscur ouvrant sur les combles des tribunes et fenêtres hautes. Le couvrement est à six branches d'ogives. L'architecte de 1160 a conçu un édifice audacieux par sa hauteur avec ses 35 m sous voûte. Il a compensé cette hauteur inusitée jusqu'alors par une réduction des maçonneries : les voûtes plates et peu épaisses exercent des poussées réduites sur les murs. Il a réduit l'épaisseur de ceux-ci en renonçant au blocage intérieur au profit de pierres taillées sur leurs deux faces. Cette économie de matériaux substantielle est allée de pair avec un choix attentif d'une pierre résistante. La maîtrise technique de l'architecte se manifeste dans l'implantation du chevet, dans le dessin du déambulatoire et de son couvrement adapté aux supports. En 1177, lui succède un second architecte également anonyme qui poursuit le chantier en lui apportant des modifications importantes. La translation vers l'est de la cathédrale de Maurice de Sully entraîne celle du maître-autel qui était demeuré à sa place du IV^e siècle. Il devient alors indispensable de procéder à une nouvelle consécration. Elle a lieu le 19 mai 1182 sous l'autorité du légat du pape, Henri de Château-Marcy assisté de l'évêque de Paris.

Alain Erlande-Brandenburg

Le pilier des Nautes. Ce monument de l'époque gallo-romaine fut mis au jour en 1711, lors de travaux effectués dans le chœur de la cathédrale.

L'ENSEMBLE CATHEDRAL





◀ À la tête d'un chantier, deux hommes : le commanditaire (ou maître d'ouvrage) et son architecte (ou maître d'œuvre). (Miniature du *Recueil de traités scientifiques, philosophiques et poétiques*, 1276.)

[Des hommes pour concevoir]

« B

âtir (au Moyen Âge), c'est rassembler autour d'un projet des idées, des

hommes et des matériaux pour ce qui donnera lieu à un chantier. »⁽¹⁾

Et en premier lieu, ces hommes sont ceux qui ont conçu l'idée du futur édifice : les maîtres d'ouvrage. Per-

sonnage important, il peut être un roi, un noble ou encore un religieux. Maurice de Sully est celui qui lance les travaux de Notre-Dame vers 1160 ;

Eudes de Sully lui succède en 1196 et continue sur la lancée de son prédécesseur. Guillaume d'Auvergne prendra sa suite et imposera, lui, sa patte à la construction. Le maître d'ouvrage est donc le commanditaire, celui qui va veiller à trouver des fonds, aplanir les difficultés administratives ; c'est lui aussi qui fournit le terrain, parfois certaines matières premières (Eudes de Sully fournira ainsi du bois de ses propres terres) et définit ce à quoi va ressembler sa construction. S'il chapeaute le tout, il n'est pas un bâtisseur lui-même et s'appuie donc sur son maître d'œuvre, second personnage clef du chantier, qu'il choisit – et change – à sa convenance.

Comme le note un formulaire royal du XII^e siècle, « *il n'y aura jamais de construction noble si l'architecte est ignoble* »... Si le maître d'ouvrage commande une cathédrale, c'est son architecte qui va trouver les professionnels à recruter, concevoir les plans, les dessiner, organiser le chantier et le suivre au jour le jour, etc. Avec la complexification et l'allongement des chantiers, il acquiert une expérience et une polyvalence qui en font l'égal d'un universitaire ; les plus fameux d'entre eux passeront à la postérité – on connaît ainsi pour Notre-Dame Jean de Chelles ou Pierre de Montreuil, « docteur ès pierre ». Leurs tâches toujours plus nombreuses tendent à tirer les salaires vers le haut, mais à les attirer eux hors des chantiers au grand dam de certains. En 1261, Nicolas de Biard ne se prive pas de faire remarquer que « *dans ces grands édifices, il est accoutumé d'avoir un maître principal qui les ordonne seulement par la parole et n'y met que rarement la main, et cependant reçoit des salaires plus considérables que les autres.* »

Émilie Rauscher

À lire

- A. Erlande-Brandenburg, *Quand les cathédrales étaient peintes*, collection Découverte Gallimard.
- Sous la direction d'Odette Chapelot, *Du Projet au chantier, maître d'ouvrage et maître d'œuvre aux XIV^e-XVI^e s.*, édition de l'EHESS, 2001.
- Fernand Pouillon, *Les Pierres sauvages*, éd. du Seuil, 2006.

1- Voir l'ouvrage collectif *Du projet au chantier, maître d'ouvrage et maître d'œuvre aux XIV^e et XVI^e siècles*.

Carriers, porteurs, ►
tailleurs, sculpteurs,
maçons... Autant de
professions qui tra-
vaillent de concert.
(La construction
d'une cathédrale.)



La main à la pâte

[La main à la pâte]

Pour réaliser au mieux les désirs du commanditaire et réaliser les plans de son architecte, des cohortes

d'ouvriers plus ou moins formés sont recrutées. Les métiers du bâtiment, très hiérarchisés et spécialisés, aident le maître d'œuvre à organiser rationnellement son travail : un carrier n'est pas un tailleur de pierre, qui n'est pas plus un maçon qu'un sculpteur ; de la même façon qu'un menuisier n'est pas un charpentier, qui n'a lui-même rien d'un couvreur...

À côté des deux grands corps de métiers, la maçonnerie et la charpenterie, d'autres existent qui sont moins omniprésents et interviennent de façon ponctuelle, sans d'ailleurs que cela ne présage de leur importance. Que serait une cathédrale gothique sans ses vitraux ? Ces derniers font intervenir le talent des souffleurs, des verriers... mais aussi des artisans du fer. Car qui dit vitrail, dit armature de métal. Ces artisans intervenaient encore dans d'autres éléments décoratifs comme sur les pentures, telle celle du portail Sainte-Anne de Notre-Dame ; et ils pourvoyaient les chantiers en clous et outils. Si nos églises sont aujourd'hui dépourvues de couleurs, elles étaient parées du temps de leur jeunesse

de teintes vives comme en témoignent quelques traces retrouvées sur des statues ou dans des recoins protégés de ces grands édifices ⁽²⁾.

Tous ces ouvriers n'étaient évidemment pas logés à la même enseigne, que ce soit au niveau de la formation, de la pénibilité ou de la rémunération de leur tâche... Les tailleurs de pierre, intermédiaires nécessaires entre l'architecte et le bâtiment en devenir, ont une place de choix. L'évolution de leur travail, de leur technique et de leurs outils seront autant de pas en avant pour la construction en général. Les maçons, qui posent les blocs, sont également des ouvriers qualifiés et bien rémunérés. Ces deux premières professions sont trois fois mieux payées que les simples manœuvres. En dessous d'eux, on trouve les plâtriers ou les gâcheurs de mortiers, moins qualifiés. Tout en bas de l'échelle se bousculent les porteurs d'eau, de pierre, de chaux... une foule de petits métiers rémunérés à la tâche ou à la journée.

Émilie Rauscher

Les métiers du bâtiment sont alors très hiérarchisés mais aussi très spécialisés

2- La cathédrale d'Amiens s'est vu restituer ses couleurs par un système laser ; pendant plusieurs mois, en soirée, le public a pu admirer lors d'un son et lumière la polychromie de ses trois porches, de son portail et de la galerie des rois.



NOTRE-DAME DU

Il y a des cathédrales en grès – Strasbourg – ou en tufeau – Nantes. À Paris, la cathédrale est en calcaire du lutétien. Une pierre, ou plutôt cinq types de pierres, utilisés savamment dans la construction et la statuaire.

L

a construction de Notre-Dame de Paris a commencé il y a environ 45 millions d'années...

À cette époque géologique (qualifiée plus tard de lutétien par les scientifiques qui l'avaient étudiée dans la région de Paris), une mer chaude et peu profonde recouvrait l'Île-de-France. Se déposèrent alors une trentaine de mètres de sédiments dont 25 m de calcaire reposant sur des argiles et de la craie. Mais seuls 5 à 7 m de ces calcaires étaient utilisables pour la construction. C'est dans ces couches que Maurice de Sully allait puiser pour bâtir sa cathédrale...

Ces calcaires du lutétien ne sont pas uniformes : ils se présentent sous forme de lits d'épaisseur variable et se caractérisent aussi par des différences notables

de résistance, de dureté, d'apparence. On ne pouvait donc les employer indifféremment. Des études menées par Annie Blanc et Claude Lorenz ont montré que les artisans du Moyen Âge étaient tout à fait conscients des propriétés des matériaux qu'ils employaient.

Grâce à ces études, menées au moment du nettoyage de la cathédrale, lorsque fut enlevée la couche noirâtre de salissure qui recouvrait la pierre, on peut dire que Notre-Dame a été construite à partir de cinq types de calcaires différents : le cliquant (d'aspect fin et grumeleux), le liais (fin, très dur), les lambourdes (assez tendre, massif), les bancs francs (une pierre dure mais semée de trous correspondant à des moules de fossiles) et la roche (très résistante). Les artisans du Moyen Âge connaissaient la nature différente de ces calcaires. Ils ont utilisé chacun d'entre eux de manière adaptée et différenciée. Comme on le disait autrefois des acteurs de théâtre, chaque calcaire avait un « emploi ». Ainsi, l'essentiel de la construction intérieure de l'édifice pro-



DES PIERRES PEINTES

Loin de la blancheur immaculée que nous leur connaissons aujourd'hui, les pierres de la façade de Notre-Dame (tout comme l'intérieur) étaient peintes de couleurs éclatantes : des rouges vifs, des bleus, des verts...

Bernard Fonquernie, architecte en chef des monuments historiques, en donne une explication très simple : « Ces statues polychromes étaient autant de messages destinés au peuple qui les regardait : elles devaient donc se voir de loin. »

On a plusieurs preuves de cette polychromie : d'abord les têtes provenant de la galerie des rois de Juda, retrouvées en 1977. D'autres petites traces de peinture ont subsisté dans les angles des murs. Bernard Fonquernie a retrouvé des textes qui corroborent ses propres observations, comme ce témoignage du XV^e siècle où un évêque arménien en voyage à Paris décrit une façade et en particulier un portail ruisselant d'or et de couleurs.

LUTÉTIEN

Le tympan du Jugement ▲ dernier utilise dans sa partie haute, plus ancienne, le liais, fin et dur ; le linteau de la résurrection des morts et la Jérusalem céleste (XIX^e s.) emploient le calcaire de Marly-la-Ville.

L'arcature de la ► galerie, comme la plupart des éléments intérieurs, est façonnée dans la pierre tendre des lambourdes. Les colonnettes sont en liais.



COMMENT ON EXTRAYAIT LES PIERRES DE CARRIÈRE

Marc Viré résume très bien les différentes phases de l'abattage en se référant au dictionnaire de Jacques Savary des Bruslons (1657-1716): « La première opération consistait à souchever: "c'est la saper, et la couper par-dessous avec le marteau qu'on appelle esse, pour la séparer du banc qui est plus basse que celui qu'on coupe" (Savary des Bruslons); le carrier creusait horizontalement un banc tendre à mi-hauteur du front de taille. Ensuite il fallait défermer: l'artisan creusait alors sur les côtés de l'atelier des tranchées verticales de même profondeur que le souchevage. Enfin, une fois ces grandes

découpes terminées, le carrier plaçait des coins en fer au-dessus du banc à abattre et frappait ces coins à la masse pour détacher l'ensemble de ce banc. Dès que la pierre était abattue, le carrier façonnait les blocs en leur donnant les dimensions désirées par le constructeur, ce que l'on appelait la première taille. »

Les différentes ►
qualités des
calcaires étaient
connues des
artisans qui les
utilisaient de
manière
adaptée. (Pein-
ture du XVI^e s.)



Le liais, calcaire fin, était utilisé essentiellement pour les statues

vient des bancs de lambourdes: « Cela s'explique puisque cette variété de calcaire parisien, tendre et facile à tailler, ne peut être utilisée à l'extérieur sans risque car elle est gélive et s'altère rapidement. »

Les bancs francs avaient des qualités remarquables de résistance à la compression: « Ils ont été systé-

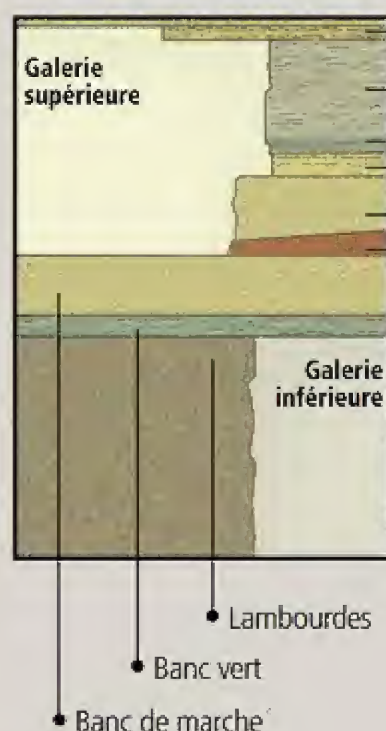
matiquement employés dans la nef, au moins au niveau des piles et des chapiteaux. » Quant au liais, calcaire fin aux propriétés mécaniques remarquables, il était traditionnellement utilisé pour la statuaire. À Notre-Dame, on le retrouve dans les colonnettes des tribunes et les colonnes monolithes de la nef, dans

les fenêtres hautes du XIII^e siècle, dans les deux roses du transept et leur galerie de colonnettes: « L'observation des emplacements de ce type de calcaire dans la cathédrale suggère la découverte progressive, par les bâtisseurs, au moment de la construction de la nef, des qualités de ce matériau. » Il arrive que ces différents calcaires soient combinés comme dans le portail de la Vierge: « Les éléments observés sur le tympan de ce portail sont pour la plupart taillés dans le liais, dans la partie supérieure. Le bloc au centre du deuxième registre est en calcaire riche en miliolites, du type banc royal des lambourdes. Le linteau, côté gauche, est en calcaire lutétien du type banc franc. Ce mélange de variétés de calcaires semble indiquer que ce portail a été monté par étapes ou remanié. » (Annie Blanc)

D'où venaient ces pierres ?

Il va de soi que les pierres ne pouvaient être extraites trop loin de la cathédrale. C'est une évidente question d'argent: le coût des pierres, et de leur transport faisait partie des dépenses les plus importantes d'un tel chantier. À tel point d'ailleurs, comme le souligne Roland Bechmann (*Les racines des cathédrales*), que l'on trouve souvent dans les textes sur la construction des cathédrales des récits de recherches et de découvertes miraculeuses: lors de la construction

Richesses intérieures et extérieures



Le calcaire fut d'abord exploité à ciel ouvert comme dans la vallée de la Bièvre où il affleurait du fait d'une déformation anticlinale, puis sur deux niveaux de galeries, comme sous la rue de la Santé, XIV^e arrond.



de la cathédrale de Cambrai, l'évêque Gérard trouve, après avoir prié Dieu, une carrière propre à fournir les pierres des colonnes à dix kilomètres du chantier alors que jusque-là il fallait les extraire et les faire tailler à 75 kilomètres.

À Paris, les carrières sont bien moins loin. Le calcaire affleure en plusieurs endroits le long des coteaux de la Seine : à Vaugirard, à Chaillot, sur la Montagne Sainte-Genève, le long des deux berges de la Bièvre et en banlieue à Charenton-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés, Joinville-le-Pont, Ivry-sur-Seine, Vitry-sur-Seine, Gentilly, Arcueil, Cachan, Vanves, Issy-les-Moulineaux, Saint-Cloud...

Les Gallo-Romains avaient utilisé quelques-uns de ces affleurements, dans des carrières à ciel ouvert : au niveau du Jardin des Plantes, dans les environs de la rue Mouffetard et de la Manufacture des Gobelins et en banlieue à Charenton et Conflans... Mais au moment de la construction de Notre-Dame, l'essor démographique, économique, et la demande accrue en matériaux de construction qui s'ensuit ont fait toucher les limites de l'exploitation à ciel ouvert. Comme le souligne Marc Viré, un des meilleurs spécialistes de la question, « *on commence donc à la charnière des XII^e et XIII^e siècles à mener l'exploitation en souterrain dans la vallée de la Bièvre, vers le Val-de-Grâce* ».

Une vallée généreuse

La construction de Notre-Dame se situe donc à une époque de transition. Il est difficile de dire avec certitude si les pierres de Notre-Dame venaient majoritairement de carrières à ciel ouvert (option que semble privilégier l'historien Alain Erlande-Brandenburg) ou de carrières souterraines. Quoi qu'il en soit, les études d'Annie Blanc permettent de localiser les principaux gisements utilisés : la pierre vient, comme on pourrait s'y attendre, des gisements de la vallée de la Bièvre, notamment Saint-Marcel tout proche. Elle pouvait aussi venir de plus loin : des prélèvements sur les sculptures des portails de la façade de Notre-Dame proviennent vraisemblablement des carrières de Charenton : « *Nous pouvons distinguer les calcaires de Charenton des calcaires parisiens grâce à une charassée, c'est-à-dire une herbe dont on retrouve la tige fossilisée en nombre plus abondant à Charenton qu'à Paris* », explique Annie Blanc.

D'OÙ VENAIT LE BOIS ?

Le bois utilisé à Notre-Dame pour la charpente et le gros œuvre était du chêne et, de manière plus ponctuelle, du châtaignier. Le bois était plus facile à se procurer que la pierre grâce aux propriétés foncières de l'évêque ou des chanoines. Il venait vraisemblablement, selon Bernard Fonquernie, des

forêts du Morvan. C'était du bois flotté, acheminé par voie d'eau, ce qui permettait de tuer les insectes. Ensuite, ce bois était mis à sécher. Ce séchage naturel était très long : à peu près un centimètre par an, mais la dessiccation était complète, les fibres du bois étaient bien les unes contre les autres. Bernard Fonquernie, architecte en chef des

monuments historiques, souligne le parfait état de conservation de la charpente : « *On ne serait plus capable aujourd'hui d'avoir un bois d'une telle qualité puisque la technique actuelle, pour éviter les frais dus au stockage, est de recourir au séchage artificiel : on met le bois dans des étuves. Le problème, c'est qu'alors les fibres du bois rejouent.* »

◀ Acheminé par voie d'eau, le bois était séché de manière naturelle, ce qui a permis à la charpente de conserver toute sa qualité.

Les carrières de tout le Bassin parisien ont été mises à contribution. La pierre du Soissonnais fut ainsi utilisée dans les chimères.

Une fois taillée, la pierre était transportée jusqu'à Notre-Dame. Le transport par voie d'eau, sur une barge, était le plus pratique et le moins onéreux : « *C'était sans doute plus facile que de tirer des charrois depuis Saint-Marcel jusqu'à Paris où en outre la circulation n'était pas aisée* », souligne Annie Blanc.

Les pierres descendaient donc la Bièvre, empruntaient le petit bras de la Seine avant d'être déchargées à l'extrémité orientale de l'île de la Cité à proximité du chantier de la cathédrale.

Jean-François Mondot



À lire

• Ania Guini-Sklair, Marc Viré, Jacqueline Lorenz, Jean-Pierre Gély, Annie Blanc, *Les souterrains de Paris, les anciennes carrières souterraines*. Editions Nord Patrimoine, 2000.



Anatomie d'un chef-d'œuvre

A

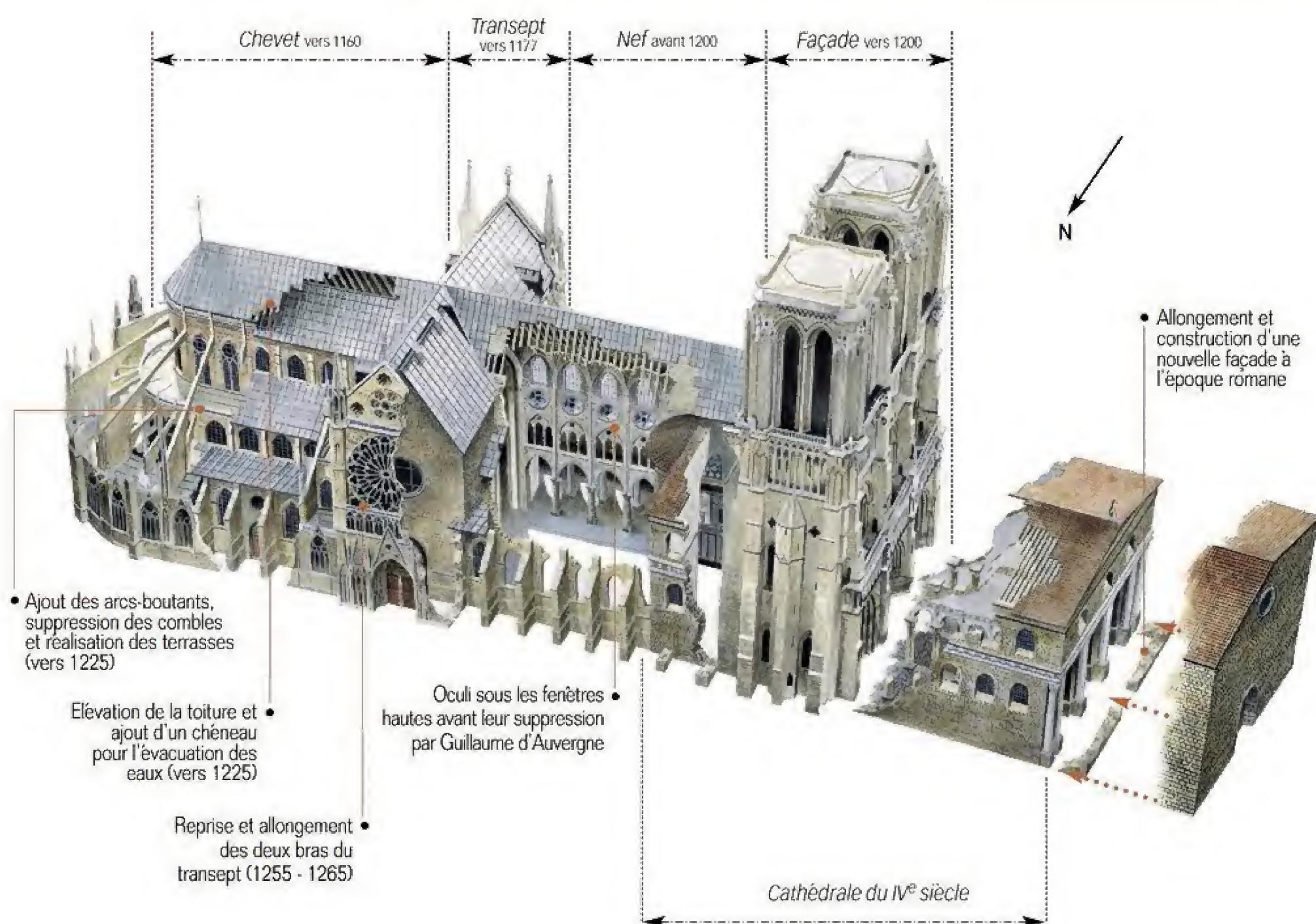
vec ses 120 mètres de long pour une surface de 5 500 m², le projet est gigantesque et doit de plus s'adapter à un terrain instable. À cette difficulté s'ajoute celle de raser ce qui est déjà construit, en l'occurrence l'église antique du IV^e siècle, enserrée dans un quartier surpeuplé... Le projet urbanistique du maître d'ouvrage, l'évêque Maurice de Sully, est sous-tendu par une vision précise :

il s'agit, d'un point de vue esthétique, de renouer avec les bases antiques du christianisme. Un chantier de cette envergure exigeait à la fois une grande maîtrise technique et une inventivité sans précédent. Cet immense défi sera relevé, renouvelé et révisé par plusieurs générations d'architectes. ■



RECONSTITUTION D'UN CHANTIER

Anatomie d'un chef-d'œuvre



En 1160, lorsque débutent les repérages, la cathédrale du IV^e siècle est encore debout, déployant ses colonnes de marbre et ses cinq vaisseaux, sur une largeur de 30 m. Notre-Dame va prendre place à 40 m de là, alignant sa future façade sur les travées occidentales de la cathédrale existante. Celle-ci s'effacera à mesure que progresseront les travaux, d'est en ouest, du nouvel édifice. Car

c'est par le chevet que le chantier commence. Dès la construction du transept vers 1177, une différence de style apparaît entre le côté est et le côté ouest. Le nouveau maître d'œuvre entreprend d'alléger les formes. La maçonnerie épaisse a disparu. La pierre se fait moins omniprésente, tout en devenant plus résistante. Les piliers puissants surmontés d'ogives croisées supportent la voûte qui s'élève

à 35 mètres. L'implantation de la façade commence autour de 1200 alors que les dernières travées de la nef n'ont pas encore été édifiées. Dans la première partie du XIII^e s., Notre-Dame change d'apparence avec l'ajout d'arcs-boutants, l'élévation de sa toiture, l'agrandissement des fenêtres hautes puis l'allongement du transept. Quant aux tours, elles sont achevées au milieu du siècle. ■

Un portail initialement dédié à la Vierge



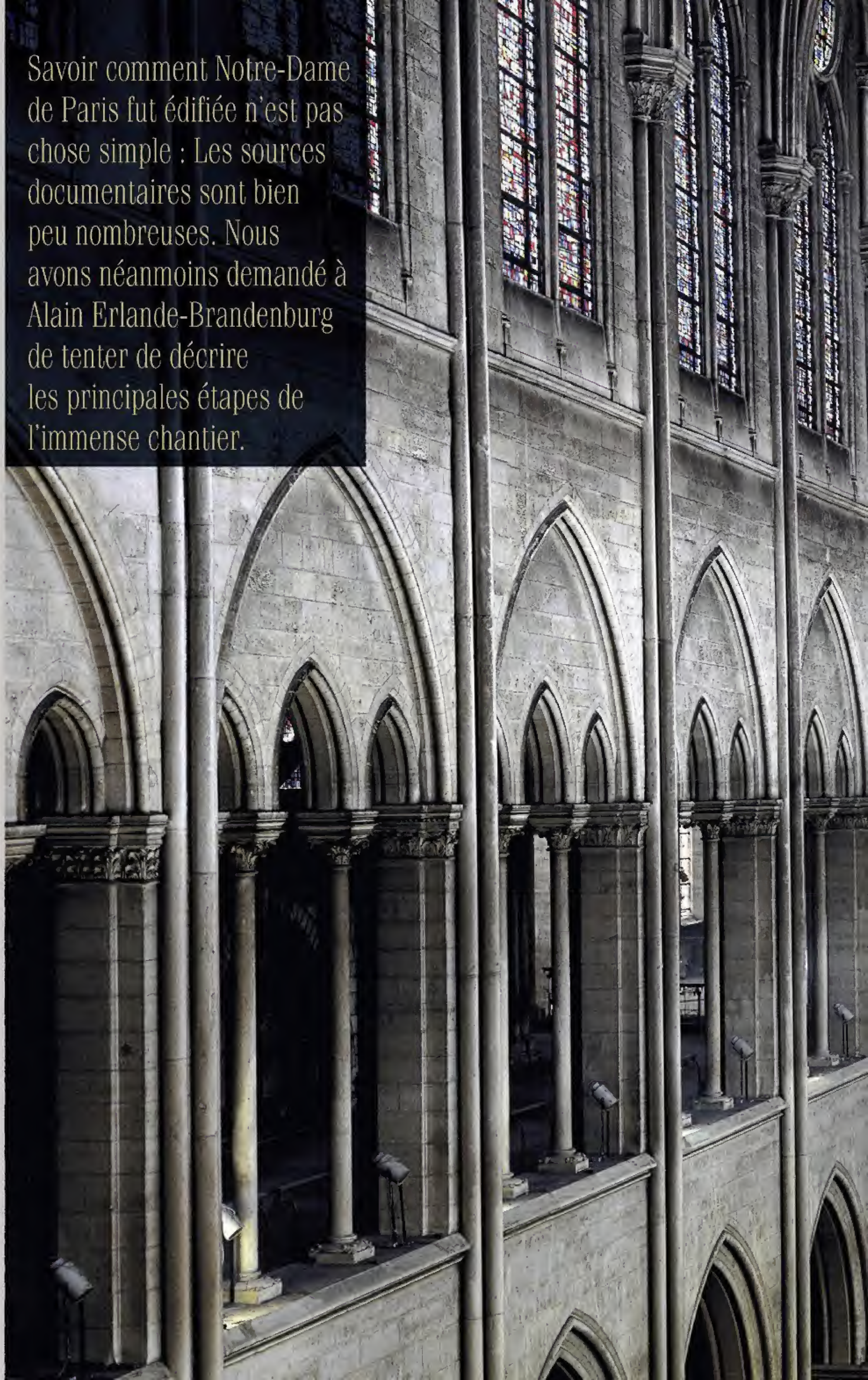
Le portail de la Vierge, sculpté vers 1140, ornait la façade romane de la première cathédrale antique. Au début du XIII^e siècle, il est remonté dans la façade occidentale de la cathédrale gothique (portail de droite)

après avoir été largement modifié. Les architectes de Notre-Dame y ajoutent en particulier, un linteau qui augmente la hauteur du portail. Il est à l'occasion rebaptisé portail Sainte-Anne. Ses sculptures sont ainsi les plus anciennes de Notre-Dame de Paris. ■

Chronique d'un chantier

Savoir comment Notre-Dame de Paris fut édifiée n'est pas chose simple : Les sources documentaires sont bien peu nombreuses. Nous avons néanmoins demandé à Alain Erlande-Brandenburg de tenter de décrire les principales étapes de l'immense chantier.

La nef centrale, ▶
menant au chœur,
s'étend sur une
largeur de 12 m
et s'élève à 35 m
sous voûte.





► Le chevet d'origine ne comportait ni terrasses ni arcs-boutants.



Le chevet

vers 1160

M

aurice de Sully, le premier maître d'ouvrage de la cathédrale, voulait lancer un projet extraordinaire, longuement médité et vraisemblablement parfaitement mûr dans son esprit. La construc-

tion de l'édifice a commencé sans doute dès 1160. La date parfois évoquée de 1163 ne repose sur rien. Et même si la date exacte de début du chantier est incertaine, il demeure assuré que c'est par la construction du chevet que l'on a commencé. Il faut noter toutefois que les travaux d'aménagement de la rue qui sera au-devant de la façade occidentale et qui aboutira très exactement au trumeau ont été entamés en parallèle ; nous disposons en la matière d'une date : 1164. Ce qu'il y a d'exceptionnel à Notre-Dame de Paris, c'est le fait que Maurice de Sully a décidé de construire le chevet non pas sur l'emplacement de celui de l'ancienne cathédrale, qui faisait entre 80 et 100 m de long, mais un peu plus de 40 m au-delà. Il l'a implanté sur un sol qui était vierge, un île qui avait été donnée par Charles le Chauve à l'évêque de Paris. L'avantage était évident : le sol, parfaitement dégagé, pouvait accueillir le bâtiment sans

difficulté, c'est-à-dire sans recourir à une quelconque expropriation. Après avoir procédé à un piquetage du sol, il n'y avait plus qu'à creuser les fondations. Or, dès qu'on analyse de près le monument, l'implantation du chevet sur sa partie orientale s'avère parfaitement réalisée. C'est là un fait extrêmement rare dans l'ensemble de l'architecture gothique. Toute la partie orientale du chevet, autour du sanctuaire, n'a posé aucun problème : tout y est régulier et sans erreur. Mais de l'autre côté du mur antique, au milieu du chevet, quelques difficultés ont en revanche dû être surmontées. Il y avait là un petit ruisseau, situé juste au pied du mur antique, côté est, dont on ne connaît pas exactement la largeur, qui séparait les deux îles et qu'il a fallu traverser. Cette difficulté a laissé des traces : d'une part on sait qu'il y a eu par la suite un effondrement de supports et qu'il a donc fallu tout reprendre en sous-œuvre, et d'autre part, la travée est, encore aujourd'hui, un peu plus large en ce point. Pour le reste, il ne semble pas que le chantier du chevet ait rencontré de perturbation majeure. Nous savons en tout cas qu'en 1177, il était encore en construction. ■

La consécration du maître-autel

L

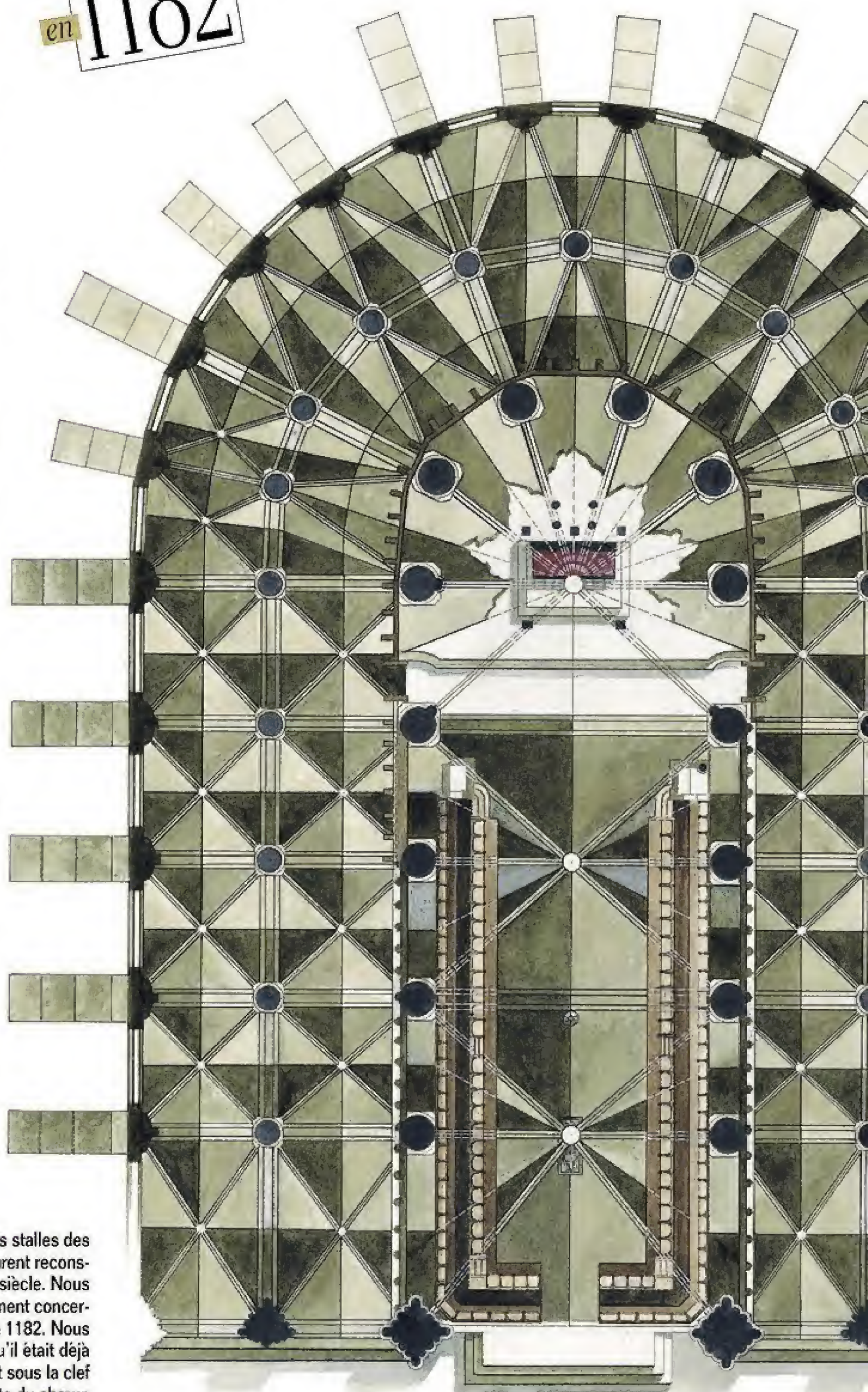
a translation vers l'est de la cathédrale de Maurice de Sully entraîna celle du maître-autel qui était demeuré jusqu'alors à sa place dans l'église du IV^e siècle. Il

devenait indispensable de procéder à une nouvelle consécration. Elle eut lieu le 19 mai 1182 sous l'autorité du légat du pape, Henri de Château-Marcy assisté de l'évêque de Paris. La cérémonie s'effectua dans un chevet achevé en présence des chanoines installés dans leurs stalles. Le fait que le maître-autel ait été consacré nous assure d'une chose très importante pour l'histoire du chantier : le chevet devait nécessairement être construit, il était voûté et même ses vitraux devaient être en place. Il était par ailleurs fermé par une grande palissade sur toute sa hauteur afin de protéger l'intérieur de l'édifice et les chanoines de la rigueur de l'hiver. 1182 est donc une date capitale puisque la première tranche fonctionnelle est à cette époque terminée et que l'on a pu y transférer l'autel de l'ancienne église dans le chœur de la cathédrale pour le consacrer. Quant à savoir s'il s'agit d'un nouvel autel ou si l'on a repris celui de l'église du IV^e siècle, cela est difficile à dire, même s'il est très probable que l'on ait réutilisé le mobilier existant déjà, ainsi que les reliques qu'il contenait.

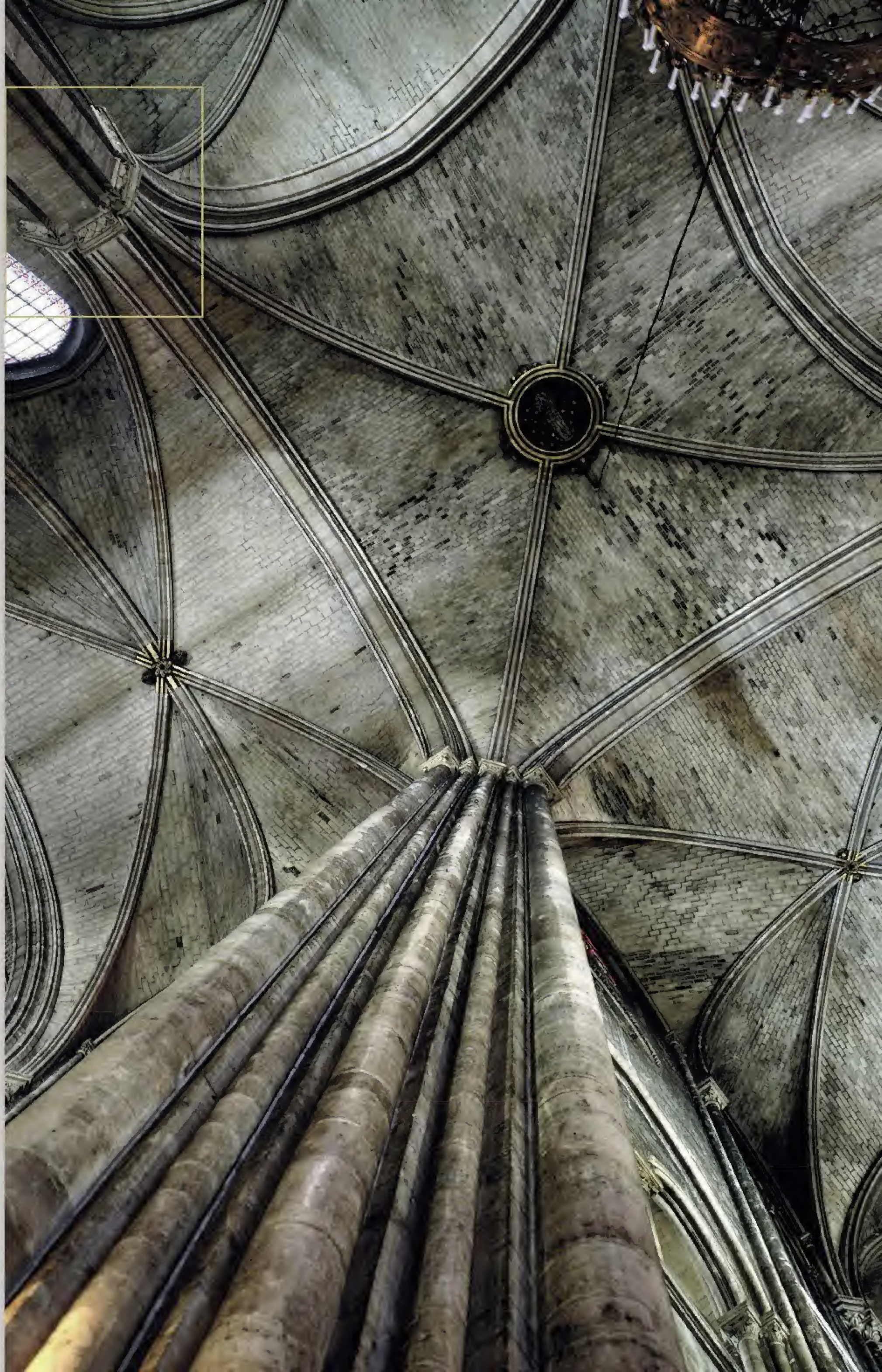
Suivant un schéma nouveau, l'autel prend place en un endroit précis, à savoir sous la clé de voûte octopartite du chœur. La signification sur le plan religieux d'une telle disposition est très forte : elle renforce l'idée selon laquelle l'autel est bien l'élément majeur du culte, le célébrant y disant la messe, tourné vers l'est, tournant le dos aux stalles des chanoines. A cette même date le transept devait sans doute être déjà en cours de construction mais on ne peut réellement l'affirmer. De plus, une fois le nouvel autel consacré, il est probable que l'on a entamé la destruction de l'ancienne église, en commençant forcément par son chevet, à l'est. ■


Le maître-autel et les stalles des chanoines tels qu'ils furent reconstruits au début du XIII^e siècle. Nous n'avons aucun document concernant l'autel consacré en 1182. Nous savons seulement qu'il était déjà placé très exactement sous la clé de la voûte octopartite du chœur.

en 1182



Chronique d'un chantier





◀ La croisée du transept.
Les piliers côté nef (en haut
à gauche de l'image) et ceux
côté chœur sont de factures
très différentes. Ils ne sont
pas l'œuvre d'un seul et
même architecte.

vers 1177

Le transept et la nef

E

n 1182 et sans doute dès 1177, la construction du transept a été entamée. En revanche, nous ne disposons plus par la suite de date précise. Il faut assurément en conclure que le chantier s'est déroulé sans encombres. Car ce sont toujours les drames que l'on mentionne dans les annales. Le chantier s'est donc normalement poursuivi, d'est en ouest. Pour autant, il est possible de donner quelques précisions pour cette partie de la cathédrale. Il y a en effet une différence nette à faire entre la partie orientale (du côté du chevet) du transept et sa partie occidentale (du côté de la nef). Les deux parties ne sont pas en effet l'œuvre du même architecte. Alors que, dans la partie orientale, les colonnes sont engagées, dans la partie occidentale en revanche, l'architecte a supprimé les colonnes au profit de dosserets. On ne connaît pas les noms des deux architectes. On sait cependant que le deuxième a reçu des ordres très précis afin d'affiner l'architecture. Il a tout d'abord réduit le diamètre des supports et la saillie des colonnes, gagnant ainsi, au niveau des tribunes, un peu plus d'un mètre en largeur pour les ouvertures comprises entre les piliers. Et cela lui a permis d'y disposer trois arcades au lieu de deux. Pour arriver à un tel résultat, il a dû utiliser une pierre plus dense car c'est une architecture plus maigre. Il faut noter qu'un tel rapport entre hauteur de colonnes et largeur de support est une chose que l'on n'a jamais vue (et que l'on ne reverra pas avant le XIX^e siècle). De plus, ces colon-

nettes sont posées en délit, elles ne sont donc pas solidaires du mur, elles ne portent rien, elles sont fines et donc purement décoratives. Il les a insérées en tiroir et assemblées grâce à des tenons de métal avant de les fixer par des attaches au mur. Néanmoins, ce nouvel architecte est évidemment resté fidèle au parti de la construction originelle, et donc à celui du chevet. Autrement dit, il a respecté l'élévation à trois niveaux (grandes arcades, tribunes, oculus au dessus des combles des collatéraux, fenêtres hautes) ainsi que le voûtement sexpartite dans le vaisseau central. Cependant, il a changé l'esprit de l'ensemble et a considérablement affiné la structure. Les mêmes techniques et le même style sont adoptés pour la nef. Le seul changement notable apparaît au moment de la construction de ses trois dernières travées, celles qui joignent la nef à la façade. ■



Côté nef la structure est affinée. Cela a permis de disposer trois arcades dans les tribunes contre deux côté chœur. ▲

L'implantation de la façade

vers 1200

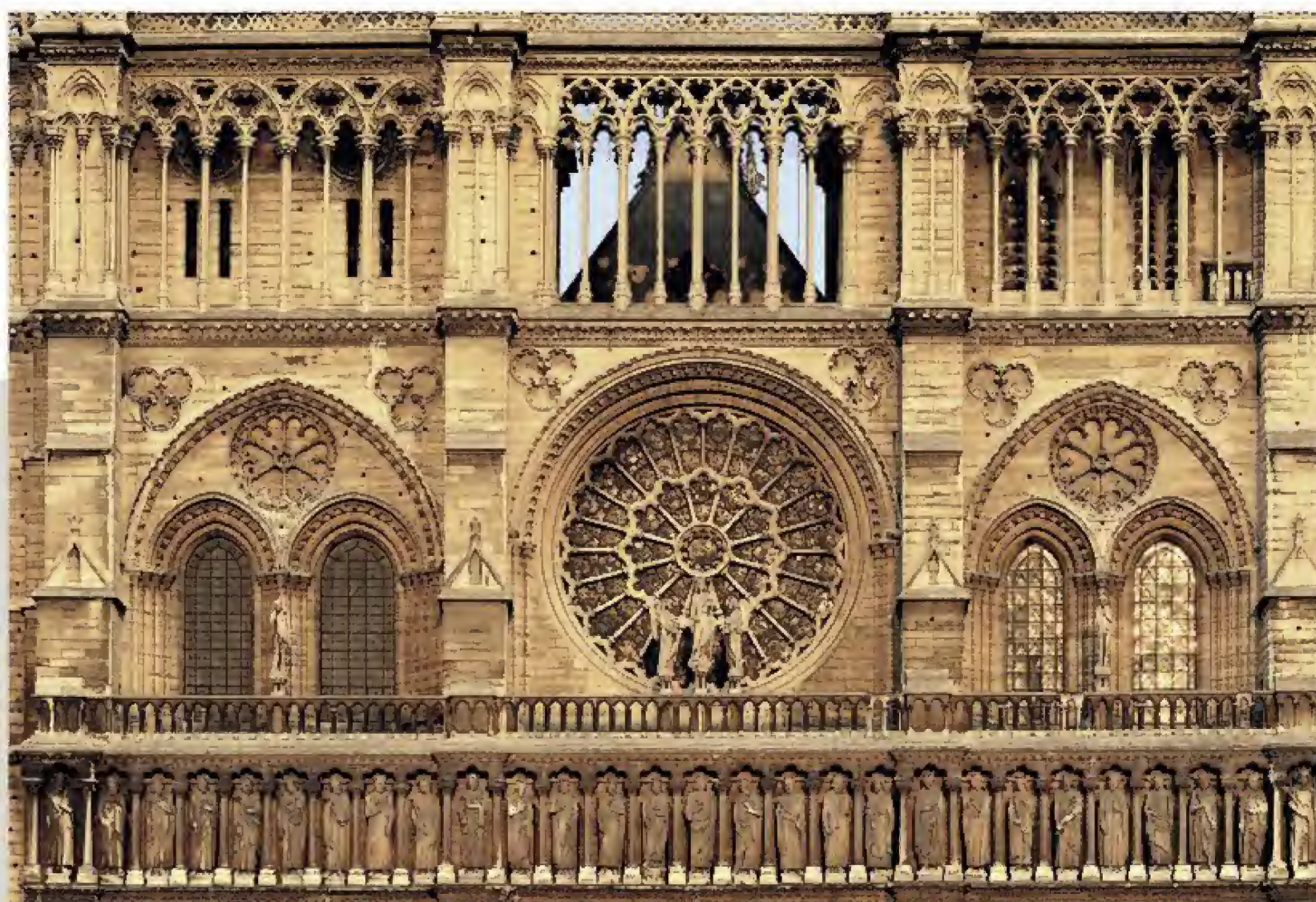
L

e chantier de la nef a été interrompu vers 1200, avant la construction des trois dernières travées pour implanter la façade. Maurice de Sully était mort depuis 1196, Eudes de

Sully lui avait succédé et c'est aussi un autre architecte qui se charge de la poursuite des travaux. À cette date, et étant donné l'avancement des travaux, toute trace de l'ancienne église du IV^e siècle devait avoir disparu, la nouvelle façade étant située presque au milieu de l'ancien édifice. Il est difficile de se faire une idée précise des progrès du chantier, il semble toutefois qu'autour de 1210-1215 la galerie des rois sur la façade occidentale était pratiquement achevée et que vers 1220, la façade était construite jusqu'au-dessus de la rose. Vers 1230 la galerie qui surmonte la rose

de la façade (le niveau situé juste au-dessous des tours) est construite. Il y a là un changement significatif dans le décor qui permet d'avancer des dates pour le chantier. À cette date, c'est Guillaume d'Auvergne le nouveau maître d'ouvrage et l'esthétique n'est plus la même. Cette galerie est en effet détachée du mur, elle est indépendante de la maçonnerie des tours. Située au-devant du mur de fond, elle ne porte rien, elle est purement décorative, en avancée et en délit. Cette esthétique permet d'avancer l'hypothèse qu'il s'agit de l'œuvre de l'architecte qui s'occupera de la révision du chevet voulue par Guillaume d'Auvergne. Quant aux tours, elles ne seront achevées qu'à la veille du XIV^e siècle. ■

- ▼ La galerie qui surmonte la rose sur la façade est entièrement indépendante de la maçonnerie. Les colonnettes, particulièrement fines (18 cm de diamètre pour 5,10 m de haut) manifestent un haut degré de technicité ainsi qu'un changement radical de style par rapport aux constructions de la fin du XII^e et du début du XIII^e siècle.



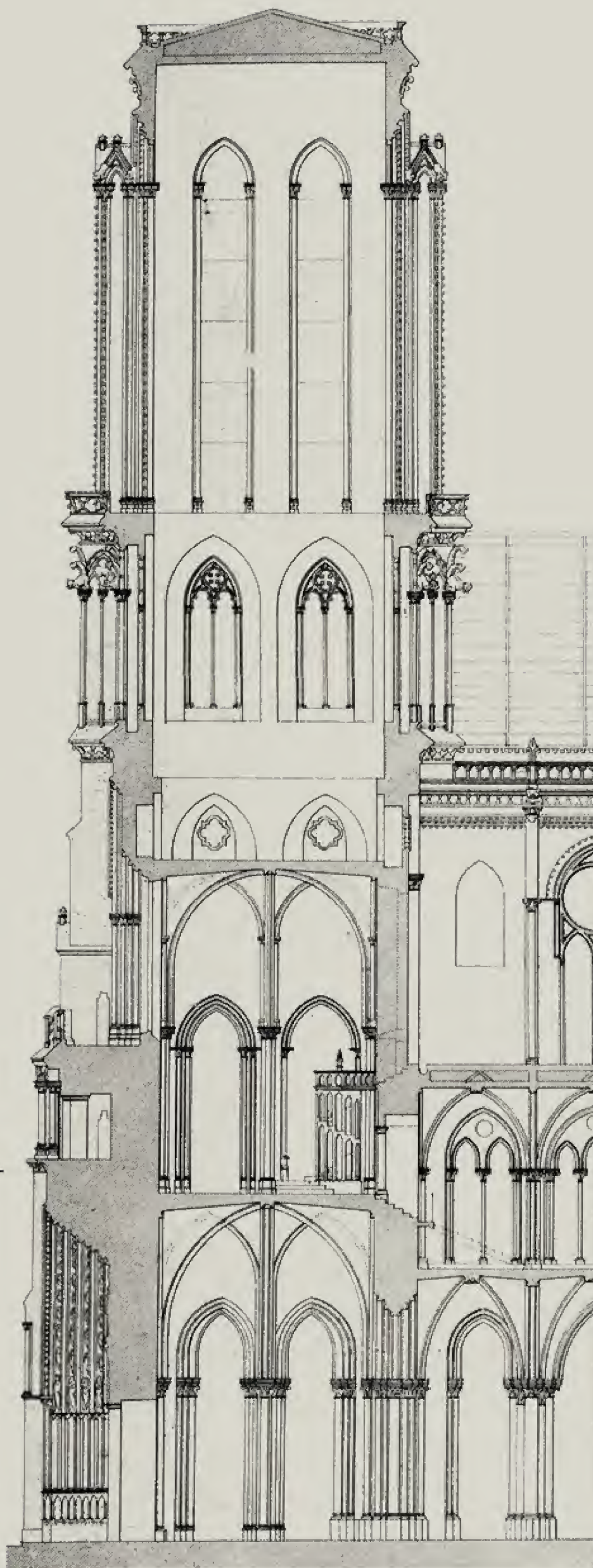
vers
1215

Le raccord à la nef

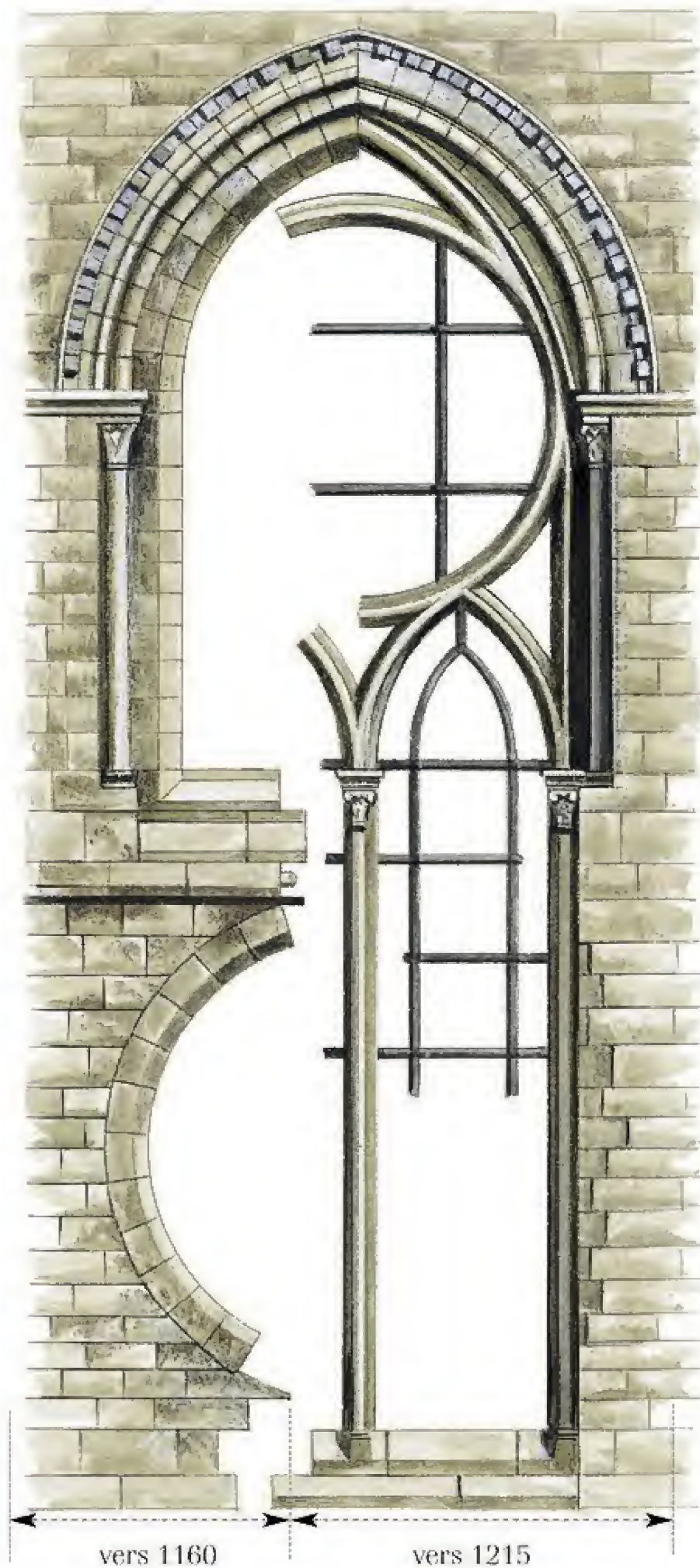
A

lors que les travaux, depuis l'implantation du chevet en 1160, ont progressé d'est en ouest, la construction des trois dernières travées de la nef procède à rebours, d'ouest en est, c'est-à-dire à partir

de la façade déjà implantée et en partie érigée. Ces dernières travées sont sans doute l'œuvre du même architecte que celui qui a été chargé d'implanter la façade et le raccord s'effectue entre 1210 et 1220. Elles présentent en effet quelques différences notables avec les autres travées de la nef. Ici, l'architecte a ajouté des colonnes. Par ailleurs les joints des colonnettes posées en délit sont beaucoup moins bien réalisés que dans la partie orientale de la nef. Qualitativement, la différence est flagrante : alors que, partout ailleurs, les colonnettes sont de tailles semblables, ici leurs longueurs sont très variables. Sans doute est-ce là l'effet d'économies substantielles pratiquées dans le financement du chantier. ■

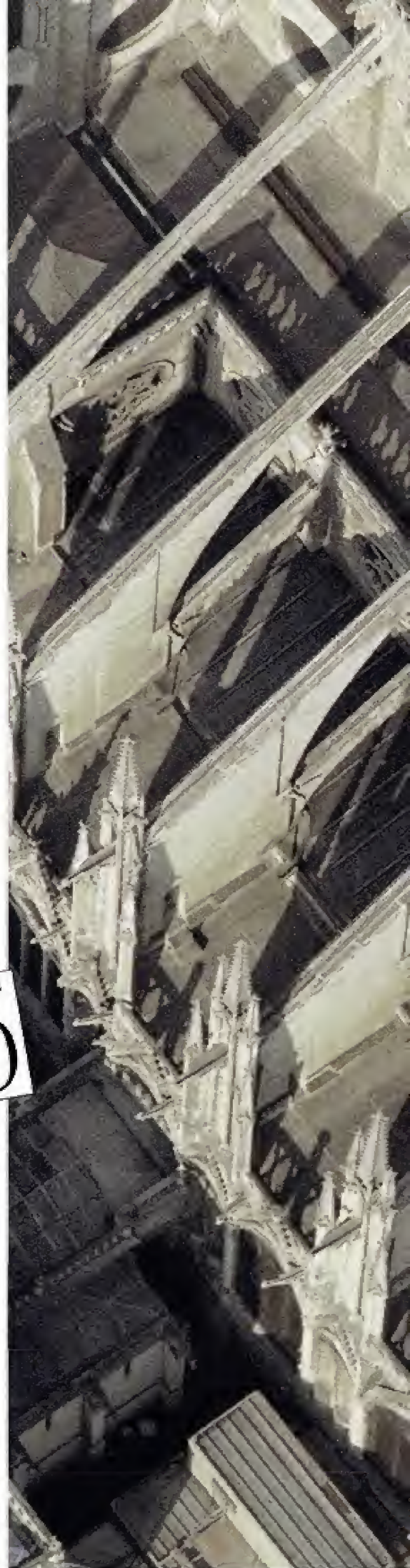


▲ Une fois la façade occidentale implantée, les trois dernières travées de la nef ont été construites d'ouest en est.



◀ Afin d'élargir les fenêtres hautes, l'architecte supprime les combles et reprend la maçonnerie pour y insérer des fenêtres châssis (à gauche). La suppression des combles et la création de terrasses entraînent le problème de l'évacuation des eaux pluviales. La mise en place des « arcs-boutants » qui font office de gouttières en constitue la solution (à droite). ▶

vers 1225



La cathédrale repensée

L

'esthétique de la cathédrale a été profondément bouleversée par Guillaume d'Auvergne. La première opération qu'il entreprend consiste

à transformer les baies du chevet et de la nef. L'ancienne cathédrale disposait de trois niveaux d'éclairage : celui du rez-de-chaussée (les grandes arcades), celui des tribunes, puis les fenêtres hautes sous lesquelles étaient disposés des oculi cachés par les combles des collatéraux. Ces oculi n'existent plus à l'ex-

ception de ceux que Viollet-le-Duc a refaits au XIX^e siècle. Guillaume d'Auvergne a décidé, autour de 1220-1230, de joindre ces oculi et les fenêtres hautes afin d'obtenir de grandes baies. Il s'agit d'une véritable opération chirurgicale. La fenêtre du XII^e siècle était maçonnerie et il a fallu reprendre et dégager la maçonnerie pour y intégrer une fenêtre châssis. Le résultat final est d'une esthétique beaucoup plus fine : la fenêtre ne portant plus et étant indépendante de la maçonnerie, elle peut être affinée et posée en délit.



Mais un tel changement n'était pas sans conséquences. En élargissant les baies et en récupérant l'espace occupé par les oculi, Guillaume d'Auvergne a aussi supprimé les combles au profit de terrasses. Et c'est alors le problème de l'évacuation de l'eau qui s'est imposé. Sur la première cathédrale, l'eau s'écoulait par paliers de toiture en toiture. Une fois les combles supprimés, il fallait bien trouver une solution pour évacuer l'eau qui tombait sur les 5 500 m² de toiture haute de la cathédrale.

Pour surmonter la difficulté, Guillaume d'Auvergne surélève d'environ 1,20 m la toiture sur toute la longueur du chevet et de la nef. Il a donc fallu démonter et remonter toute la charpente pour l'adapter à sa nouvelle inclinaison. Cette surélévation permet d'installer un chéneau pour récupérer l'eau pluviale, une première. Une fois dans la gouttière, l'eau est canalisée et évacuée vers les arcs-boutants pourvus de rigoles avant d'être expulsée par les gargouilles. La pression de l'eau est d'ailleurs telle que par fortes

pluies les gargouilles projettent jusqu'à 30 m. Ce que l'on prend ainsi pour des arcs-boutants, n'en sont pas vraiment. Ces structures répondent avant tout au problème d'évacuation de l'eau. Bien plus, ils ne soutiennent nullement les voûtes de la cathédrale. La meilleure preuve en est sans doute que, sachant que le voûtement n'a pas été repris par Guillaume d'Auvergne, la première cathédrale tenait auparavant sans ces arcs. Toute la pression est, à Notre-Dame, verticale, les tribunes effectuant le contrebutement. ■



vers 1250

La reprise du transept

G

▲ Le bras nord du transept est repris et allongé par Jean de Chelles dans les années 1250.

Guillaume d'Auvergne voulait transformer toute la cathédrale et l'ajout des arcs-boutants (ou qualifiés de tels) n'était qu'une étape. Souhaitant aménager de somptueuses entrées dans le transept (pour les chanoines au nord, pour l'évêque au sud), il décide d'en allonger les deux bras. Là encore, la nouvelle construction précède la destruction des parties existantes. C'est Jean de Chelles (mort en 1258) qui en est l'architecte, le même qui, très certainement s'est chargé de la modification des baies, des arcs-boutants, et de la galerie en délit de la façade. Il commence par le portail nord où il aménage des baies, une rose de 12,10 m de diamètre (sur le principe de la fenêtre chassiss), et un pignon pourvu d'une autre rose. Puis Chelles s'attaque au portail sud, mais il meurt avant de l'achever.

Lui succède alors Pierre de Montreuil qui modifie l'esthétique de l'ensemble et en l'affinant. Pour cela, il abat les angles et met des niches de tous les côtés, en intégrant les statues au mur. Parallèlement, Pierre réalise aussi un jubé pour fermer le chœur à la place de la simple clôture basse réalisée au XII^e siècle. Enfin, il renouvelle l'autel et crée de nouvelles stalles pour les chanoines. ■

Le bras sud subit le même type de modification quelques années plus tard. C'est là l'œuvre de Pierre de Montreuil. ►



Deux pouvoirs, animés d'une même ambition de s'affirmer et de s'étendre, transforment le visage de la Cité. À l'ensemble religieux répond, de l'autre côté de l'île, le Palais, siège du pouvoir royal. Entre ces deux géants prospèrent, à l'étroit, les multiples acteurs de la vie citadine.

L'île de la Cité vue depuis l'est. Autour de Notre-Dame, les jardins ont remplacé le palais épiscopal et l'Hôtel-Dieu.



LE LYS & LA CROSSE



▲ Le Palais de la Cité, résidence des premiers rois capétiens a connu de nombreux agrandissements. Plus loin, la Sainte-Chapelle et Notre-Dame.

T

L'ÎLE DE LA CITÉ AUTOUR DE 1300

andis que l'érection de la nouvelle cathédrale s'achève (aménagement des chapelles du chevet en 1296-1325), la Cité parvient au terme d'un cycle de transformations qui, peu ou prou, fixent son nouveau visage. Elle le gardera jusqu'au seuil du XIX^e siècle. Cette métamorphose a façonné l'identité particulière de cette île bicéphale qui, à plus d'un titre, fait figure de creuset de l'histoire de France.

La création du complexe religieux et hospitalier initié par Maurice de Sully comprenant une cathédrale, un palais épiscopal et un hôtel-Dieu ne constitue pas l'unique bouleversement qui rompt l'ordre ancien de l'île. À ce nouvel ensemble dont l'expression monumentale témoigne si ostensiblement du prestige du chef du clergé parisien font écho, à l'autre extrémité de l'île, les embellissements successifs et le renforcement des rôles symbolique et politique du Palais, siège du pouvoir royal.

La mutation du Palais

Cet édifice – une forteresse élevée au Bas-Empire, destinée à servir d'arsenal et à recevoir l'empereur en campagne, son état-major et sa suite – conserva son usage résidentiel durant le haut Moyen Âge. En cela, le Palais n'avait cessé d'incarner dans Paris, et selon le principe revendiqué de continuité de l'État, le lieu du pouvoir en un temps où la mise en scène des symboles de l'autorité publique était partie constitutive de son exercice. Sur ce point, les premiers représentants de la dynastie capétienne surpassèrent leurs prédécesseurs, soucieux seulement de disposer en ce lieu d'un logis sécurisé lorsque, entre deux pérégrinations, ils demeuraient à Paris. Ainsi, Robert le Pieux distingua-t-il le Palais de deux façons : en y augmentant la fréquence de ses séjours et, corollai-



rement, en y procédant à une importante campagne de réfections et d'adjonctions (premier quart du XI^e siècle). En outre, c'est sous son règne que fut rebâti l'ancien tribunal du prétoire – devenu la Salle du Roi – où le souverain, entouré des seigneurs de sa cour, gérait les affaires, organisant selon ses moyens la renaissance du droit, de la justice et de l'État. Ses successeurs immédiats prolongèrent ses efforts, conférant progressivement au Palais le statut et le lustre qui convenaient à une résidence royale toujours plus en faveur : outre de nouveaux bâtiments et de nouvelles défenses, celui-ci fut bientôt orné d'un jardin gagné sur la pointe occidentale de l'île, là où des alluvionnements continuels n'avaient cessé d'avancer la berge (XII^e siècle).

Le statut privilégié qu'avait gagné progressivement le Palais s'affirma lorsque, sous Philippe Auguste (1180-1223), Paris accéda au rôle effectif de capitale. Durant ce règne, deux décisions marquèrent une étape décisive dans l'histoire particulière de la forteresse. Jusque-là, en effet, la Cour demeurait itinérante et le gouvernement, si l'on peut user de ce



◀ Charles V entre à Paris, après son sacre à Reims, le 28 mai 1364. Comme le veut l'usage, il doit se rendre à Notre-Dame avant de rejoindre le Palais. (Enluminure de J. Fouquet, XV^e s.)

en possession des inestimables reliques de la Passion, il confia à Pierre de Montreuil l'édification d'une chapelle (devenue « sainte ») pour les y recevoir (1246-1248) ; l'architecte édifia un joyau de l'art gothique qui conférait au Palais l'aura sacrée qui lui manquait.

Initié dans les années 1290 par Philippe le Bel, l'ultime grand chantier de la période médiévale vint à nouveau renforcer l'empreinte du pouvoir monarchique sur le paysage de l'île, confirmant en cela que, pour quelques années encore, le Palais demeurait le cadre privilégié où se mettait en scène la majesté royale. À l'occasion de cette nouvelle intervention qui permit son extension, l'aménagement de nouvelles salles d'apparat et d'appartements royaux, le Palais,

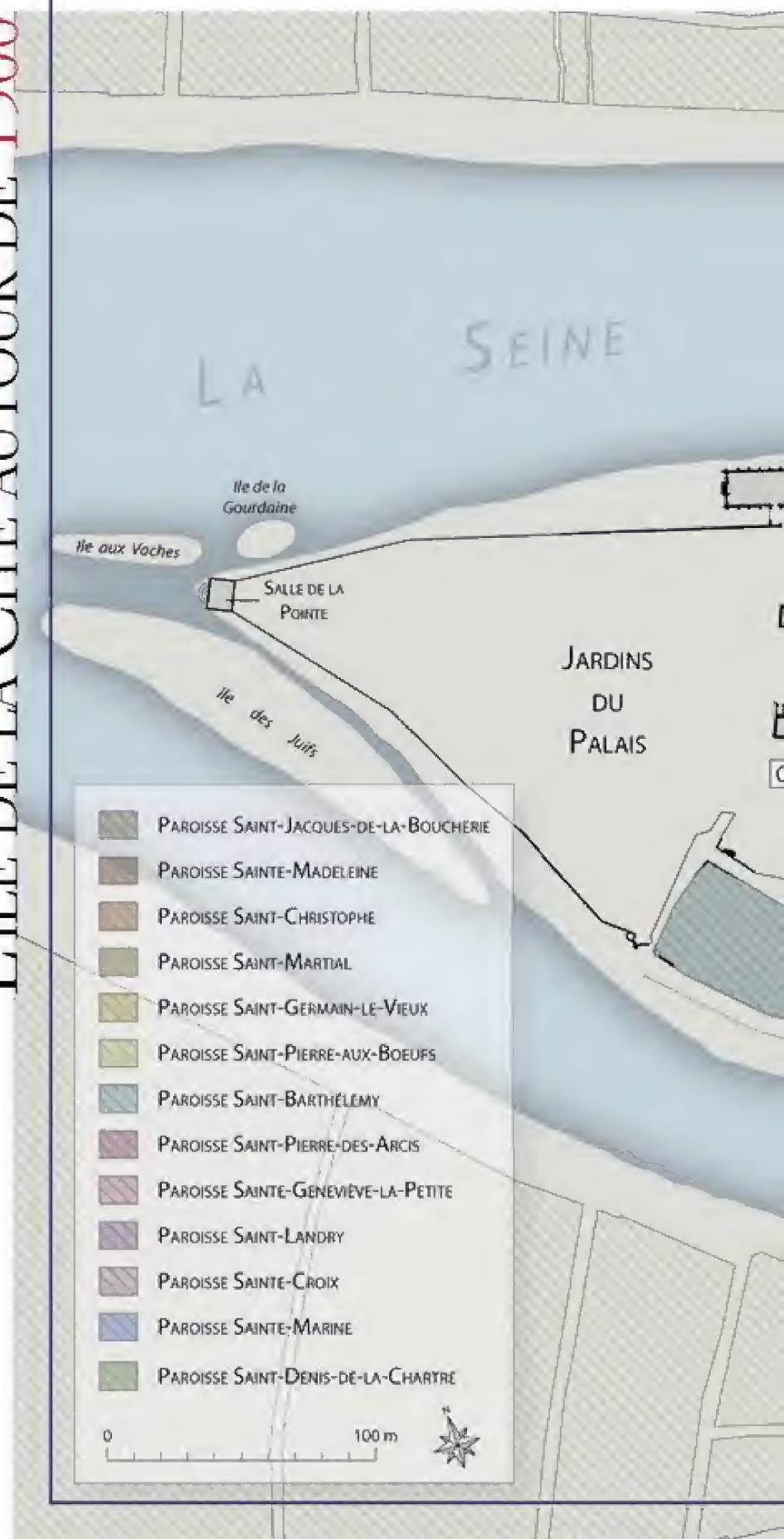
Le Palais se dote d'une aura sacrée avec la Sainte-Chapelle

progressivement concurrencé par « la grosse Tour du Louvre », perdit son rôle de forteresse. Bien qu'on continuât d'y accéder par deux portes fortifiées, il n'y eut plus en effet ni fossé ni ouvrage défensif pour l'isoler du reste de la Cité : symboliquement, le roi faisait corps avec sa « bonne ville » dont il associait les membres à sa propre gloire. Ainsi, au terme d'incessantes améliorations et d'embellissements qui firent de lui tant un pôle administratif et religieux qu'un relais de la pompe monarchique et du discours officiel, le Palais, au faîte de son éclat en ce début du XIV^e siècle, pouvait soutenir sans risque la comparaison avec la cathédrale.

Quand le roi faisait allégeance

Ce positionnement plus ou moins concurrentiel des deux pouvoirs qui se partageaient le patronage de l'île était particulièrement perceptible à l'occasion de certains actes publics. Il en allait ainsi du cérémonial de « l'entrée » du roi à Paris après le sacre de Reims : traditionnellement, le corps de Ville accueillait le nouveau souverain à la porte Saint-Denis et le condui-

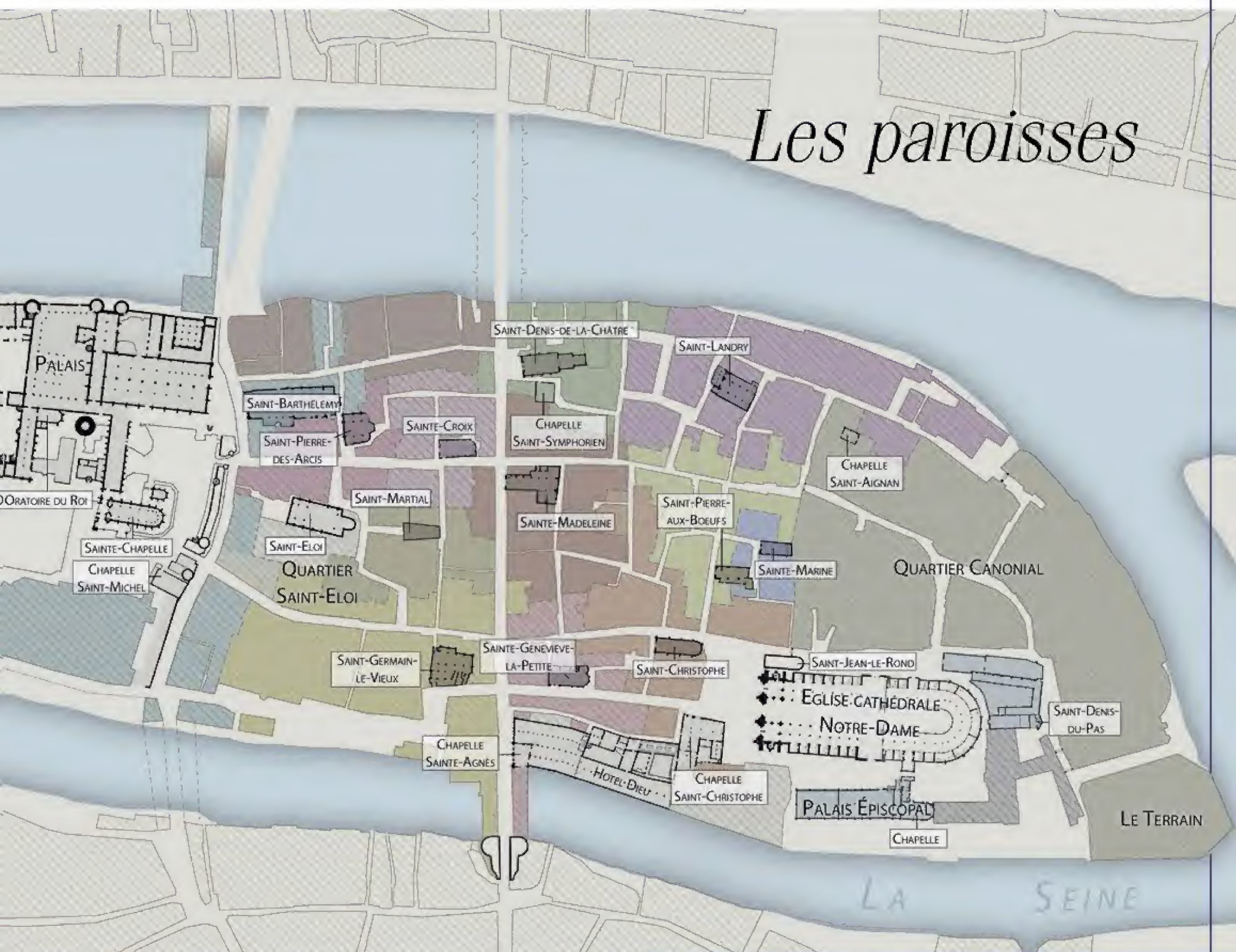
L'ÎLE DE LA CITÉ AUTOUR DE 1300



sait au parvis de Notre-Dame où le clergé et le chapitre l'attendaient au seuil de la cathédrale dont les portes étaient tenues closes. Pour lui, elles ne s'ouvriraient qu'après avoir solennellement promis de respecter les droits sacrés de l'Eglise. À cette occasion, l'allégeance que le roi faisait à l'évêque de Paris conférait au prélat une dignité exceptionnellement marquante parmi les gens d'Eglise du royaume.

La noble ordonnance qui caractérise l'île au Moyen Âge n'est pourtant pas exempte de contrastes : aux pieds des deux géants qui l'enserrent, adossée au quartier canonial qui, opulent et réservé, s'en est isolé, prospère une portion de ville qui grouille, braille et négocie. En plus des résidents (17 000 habitants !), la situation du Palais d'une part, du complexe religieux et hospitalier de l'autre, y attirent toutes sortes de solliciteurs, de visiteurs et de pèlerins. La présence de cette population mobile, en constant renouvellement, détermine pour une large part l'orientation des activités des îliens et stimule fortement le commerce. En outre, l'activité de ce formidable espace marchand se double de celle liée au trafic relatif à

Les paroisses



Des îliens regroupés autour de leurs paroisses

la position stratégique de l'île, passage obligé de la Seine, au croisement des axes fluviaux, maritimes (la Cité compte deux ports) et terrestres. Or, qu'elle soit à petite ou à grande échelle, cette circulation dépend avant tout de l'état des trois ponts qui relient l'île à la terre ferme (la construction du pont Saint-Michel n'interviendra qu'en 1378), et leur destruction périodique par les inondations (1280, 1296, 1373) ou la débâcle des glaces (1326) suffit à interdire toute communication par véhicule. Chaque fois, le trafic doit être dévié sur des bacs en attendant des réparations qui peuvent s'éterniser.

Des ruelles sur une trame romaine

Occupant pas moins de 20 % de la superficie totale de l'île, un réseau de communication particulièrement dense irrigue le tissu urbain et facilite les échanges internes. Déroulant l'essentiel de ses 4,5 km sur les 11,5 ha que compte l'espace résidentiel de la Cité, son organisation rappelle l'étape romaine de son histoire : l'axe principal nord-sud (rue de la Juiverie) correspond à l'emplacement du *cardo* gallo-

romain et les voies est-ouest, incurvées, épousent le tracé de l'enceinte du III^e siècle. Au centre, la rue de la Vieille-Draperie rappelle sans doute l'existence d'une voie *décumane* ⁽¹⁾, reliant le palais impérial au *cardo*. Sur cette trame est venu se greffer un labyrinthe de voies formées spontanément, constitué de rues et de passages tortueux que recouvrent parfois les maisons riveraines lorsqu'ils ne sont pas scandés de portes fermées durant la nuit. Seule la rue Neuve-Notre-Dame contraste tant par sa rectitude et sa largeur que par son origine, résultant du premier plan d'urbanisme connu de l'île.

Nous manquons d'éléments pour apprécier le gabarit exact de ces voies mais, avec ses 6 m de large, la rue de la Juiverie – la plus passagère de l'île compte tenu de sa position – fait figure d'artère. Les rues de moindre importance semblent osciller entre 3 et 4 m ; quant aux ruelles, elles atteignent rarement plus de 2 m. Les marchandises les plus importantes sont transportées par des charrettes et autres attelages lourds et encombrants qui ne peuvent tourner

1 – Voie parallèle au *décanus*, axe est-ouest.

On assiste, à partir du XIII^e siècle, à un morcellement de l'espace religieux. Entre Notre-Dame et la Sainte-Chapelle, treize paroisses se partagent alors l'île.

L'ÎLE DE LA CITÉ AUTOUR DE 1300

qu'en des points privilégiés : il faut attendre le XVII^e siècle pour que les trains avant et arrière autonomes fassent leur apparition. Ainsi, une grande partie de l'île leur est interdite : ailleurs, seuls les piétons et les animaux de selle ou de bât peuvent circuler et le portage des articles est assuré par des portefaix à l'aide de hottes. En outre, à tout instant, la circulation peut être gênée par les étals qui empiètent sur la rue. L'impression de plénitude qui se dégage de cet ensemble confiné et peuplé est accrue par l'absence de place, ce qui rend d'autant plus précieuse et singulière l'existence du parvis précédant la cathédrale.

Des rues dépotoirs

À l'étroitesse, les rues ajoutent la puanteur et la boue, bien qu'en règle générale celles où les charrois peuvent s'engager sont pavées : Philippe Auguste l'avait exigé de la Ville pour la rue de la Juiverie, quant aux autres, elles sont revêtues aux frais des riverains, le reste est en terre battue. Certaines ruelles semblent avoir moins servi de voie de communication que d'égouts à l'air libre où les eaux usées se mêlent à toutes sortes d'immondices : ordures ménagères, cadavres d'animaux, excréments et fumier. L'existence de ces dépotoirs est difficilement ressentie par les riverains qui n'hésitent pas à faire appel aux autorités pour obtenir gain de cause, mais la multiplication des défenses prouvent leur peu d'effets. Les chanoines eux-mêmes ont tenté d'enrayer la situation en instituant des amendes puisque les menaces d'excommunication sont demeurées sans effet.

À la fin du XIII^e siècle, l'île est déjà entièrement occupée. Toutefois, cet ensemble largement minéral est ceinturé d'espaces libres plus ou moins verdoyants dont l'existence tient essentiellement au défaut de quais qui auraient pourtant permis de stabiliser les



À la fin du XIII^e siècle, l'île de la Cité est déjà entièrement occupée



rives et de mieux exploiter l'espace disponible : le Terrain, tas d'alluvions, de gravais et de décombres provenant de la construction de Notre-Dame, situé à la pointe orientale de l'île ; les berges de la Seine autour du Palais ; la Grant-Orberie qui descend en pente douce vers le fleuve sont le domaine du jeu, de la promenade et des activités clandestines. Les édifices religieux, en nombre impressionnant pour une si petite surface, hérissent le paysage de leurs clochers et occupent 10% de l'espace bâti. Il n'y a pas de solution de continuité entre les lieux de culte et les habitations : les maisons s'adossent aux églises et aux enceintes des prieurés, de la même

◀ Vestige du Palais, la Conciergerie longe le quai de l'Horloge. Vue depuis le Pont-au-Change.

Les commerces



Une activité centrale

manière qu'elles sont solidaires les unes des autres, présentant sur la rue une succession ininterrompue de façades. Au-dessus de la porte, une enseigne ou un cerceau (pour les tavernes) sert à les distinguer les unes des autres : le premier numérotage des maisons parisiennes ne date que de 1779. Ces demeures ne présentent pas de caractères originaux par rapport aux maisons parisiennes de la même époque. On retrouve les mêmes constructions mi-pierre, mi-bois, à pignons et à étages en encorbellement, s'élevant en général sur deux niveaux sous comble : c'est dire si Notre-Dame semble hors d'échelle ! Elles présentent des dimensions variées : la largeur moyenne de la façade est de 4 m, mais elle peut aller jusqu'à plus de 15 m. Elles reposent sur une cave ou un cellier souterrain auxquels on accède par une trappe ou un escalier droit. Le rez-de-chaussée comporte une salle sur l'arrière, un ou même deux ouvriers à métier, parfois prolongé par des étals donnant sur la rue ; les niveaux supérieurs sont constitués de chambres ou de chambrettes sans spécialisation : on dort indifféremment où l'on reçoit et où l'on mange. Quand la par-

celle est suffisamment vaste (180 m² en moyenne), la maison qui s'y trouve dispose d'une cour et d'un jardin, mais, du fait du manque de place, ces espaces libres sont de plus en plus envahis par des bâtiments annexes (cuisine, étuve, grange, bûcher...).

Bien que le dynamisme commercial de l'île occasionne une pression foncière quasi constante, la croissance de la superficie exploitable pour la construction est bloquée : seuls l'érosion des propriétés ecclésiastiques, l'acquisition de micro-parcelles, l'avancée sur le fleuve ou l'empiètement sur la rue, quand il ne s'agit pas de l'annexion pure et simple d'une ruelle adjacente, permettent à cette portion de ville, jugulée dans un double étau fluvial et monumental, de s'étendre. Les frontières de la Cité étant figées, toute son histoire se résume à une lutte sourde entre les habitants de l'île, entassés au centre, et les grands ensembles royaux, hospitaliers et épiscopaux dont les besoins d'expansion se feront de plus en plus irrésistibles. Ceux-là l'emporteront définitivement cinq siècles plus tard.

Yoann Brault

L'afflux incessant de visiteurs et de pèlerins dynamise l'activité commerciale de l'île. Les différents métiers s'organisent en corporations et donnent leurs noms aux rues qu'ils occupent. Les commerces de luxe sont les plus proches du Palais alors que l'alimentation occupe surtout le centre de l'île.

A lire

Martine Dubois, *L'île de la Cité à la fin du Moyen Âge*, Positions des thèses de l'Ecole des Chartes, 1977.

La fête gourmande bat son plein.
Acheteurs et curieux s'affairent
autour des exposants et de leurs
tables sommaires où s'étalent les
morceaux de jambon. (À gauche,
Notre-Dame, en face, l'Hôtel-Dieu.)

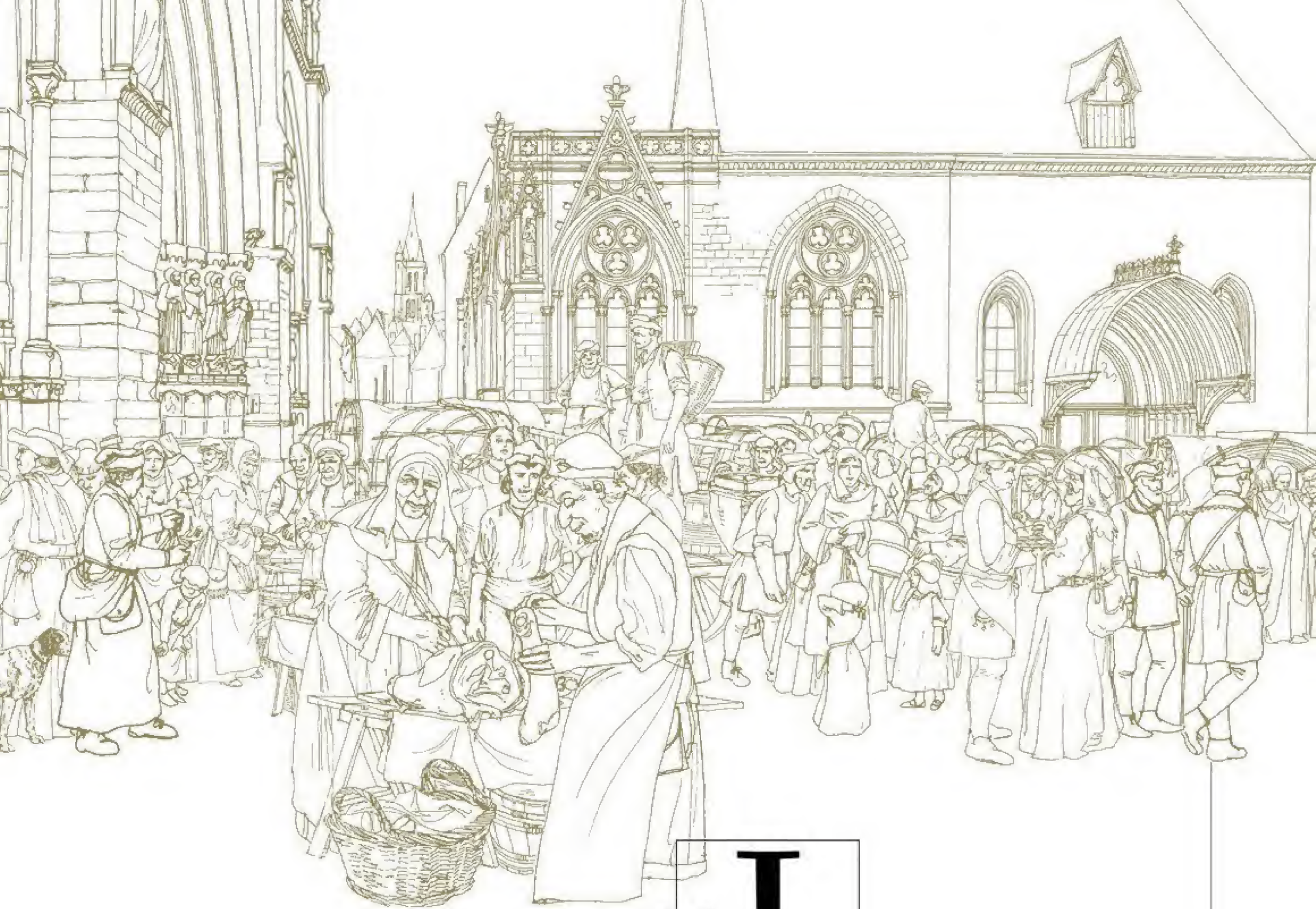
LA FOIRE AUX LARDS





ILLUSTRATION FABRICE MOIREAU

Paris célèbre la fête pascalle. Sur le parvis de Notre-Dame, le spirituel fait place nette à la bonne chère. Pendant trois jours, le porc salé, qui se vend sous toutes ses formes, est à l'honneur.



▼ Autre manifestation annuelle célèbre : la foire du Lendit, en plaine Saint-Denis. Elle ouvrait pour 15 jours au mois de juin et se clôturait à la Saint-Jean. (Miniature du XIV^e siècle.)



« J

eudi absolu », temps fort du calendrier liturgique. L'île de la Cité, cœur religieux de Paris, connaît en cette matinée une effervescence plus sensible qu'à l'accoutumée. Chacun sait, les îliens comme les autres, que ce jour corres-

pond à la fin du Carême et marque l'entrée dans le mystère de Pâques. Pour l'évêque, les chanoines et tous les religieux de l'île, c'est le moment de mettre la dernière main aux préparatifs de l'une des célébrations les plus importantes de l'année : tout à l'heure, le prélat commémorera le dernier repas – la Cène – que Jésus a pris avec ses disciples au seuil de la nuit où il devait être livré.

Toutefois, si le secteur de la cathédrale semble polariser l'attention des Parisiens et des visiteurs de tout poil, l'objet de cet intérêt n'est pas uniquement d'ordre spirituel. Sur le parvis Notre-Dame, où l'activité et le concours du peuple touchent aussi à leur comble, un événement bien autre que religieux se prépare : à l'occasion du *Triduum* pascal – les trois jours saints – une véritable fête gourmande s'établit en ces lieux, déjà pourtant fort visités en cette période de solennités religieuses. La foire aux lards vient de débiter. L'affluence gouailleuse des marchands, des pourvoyeuses et des gourmets, mêlée à celle, plus introvertie, des croyants se rendant en l'église métropolitaine constitue un tableau bigarré, sujet à

LA FOIRE AUX LARDS

des propos tant enthousiastes que surréalistes :

*« Dans ce parvis où l'on contemple
La face d'un superbe temple,
Jambons croissent de tous côtés
Ainsi que s'ils étaient plantés. »*

Pour s'affranchir de la taxe en argent à percevoir sur les marchandises transitant par les ponts, des vendeurs peu scrupuleux ont fait arriver sur l'île du lard pendant la nuit, incitant le receveur en charge du péage à porter plainte contre ces fraudeurs anonymes. Au petit matin, les particuliers sont venus installer leurs marchandises sur des tables sommaires que leur a louées le chapitre cathédral, car les chanoines sont propriétaires des droits de la foire. Or, le succès de cet événement suscite la convoitise des riverains et la perspective d'en « prendre le profit » stimule chez chacun d'eux l'esprit d'entreprise : dans les rues à l'entour, des étals illégaux ont fleuri, ce qui excite le mécontentement du chapitre, soucieux de briser toute concurrence pour préserver son privilège. Cette fois-ci, les chanoines ont fait appel à la justice royale pour contenir la poussée de ce marché parallèle qui pourrait nuire au bénéfice tiré des loyers à percevoir sur les emplacements du parvis. Un « sergent à verge », émissaire du Châtelet où siège le prévôt de Paris, représentant du roi, se rend sur place et fait défense à ceux des vendeurs qui se sont établis hors des limites du parvis de poursuivre leur commerce « sur peine de l'amende arbitraire, leur signifiant qu'ilz allassent et vinssent vendre leurs-dits lars et marchandises dedans ledit parvis ».

Sans doute cet espace délimité avec soin est-il



Les vendeurs ne sont pas tous des professionnels de l'alimentation

exploité au maximum : contenus entre le chevet de l'église Saint-Christophe et les gâbles aériens de l'Hôtel-Dieu, les étals de fortune vont jusqu'à effleurer la façade de la cathédrale. Certains exposants, mieux organisés que d'autres, abritent peut-être leurs marchandises sous des tentes formées d'arceaux, comme celles que l'on pouvait voir à la célèbre foire du Lendit, la plus importante manifestation commerciale saisonnière de la région.

Entiers ou en morceaux

Les vendeurs de lard du parvis sont essentiellement parisiens, voire faubouriens, mais quelques-uns viennent cependant de la région parisienne (jusqu'à Etampes, Gisors et Pithiviers). Ces commerçants ne sont pas tous des professionnels de l'alimentation ; au contraire, nombre d'entre eux exercent des métiers divers : parcheminier, épicier, chandelier, maréchal, teinturier, boulanger, laboureur de vignes, chandelier...

Lard et porc salé sont synonymes. Les porcs peuvent être vendus entiers ou en morceaux : tête ou portion de tête, jambon, quartier. Inaugurée à l'issue d'une longue période de jeûne, on peut être assuré que la foire remportera un beau succès : les saloirs

dans lesquels nos Parisiens conservent leurs victuailles sont vides, aussi le montant des transactions et le débit des denrées promettent-ils d'être élevés. Les échanges qui interviennent durant ces trois jours obéissent à certaines contraintes qui s'inscrivent dans le cadre général du commerce des denrées, des matières premières et des produits manufacturés. Si l'on admet que Paris contient environ soixante-deux mille « feux » (terme plus ou moins équivalent à notre « foyer ») en 1328, on doit estimer sa population à deux ou trois cent mille habitants. Aussi, l'approvisionnement d'une ville à ce point peuplée constitue un véritable casse-tête pour les autorités de tutelle, en l'occurrence le roi, qui délègue ces affaires au prévôt de Paris et aux représentants de la municipalité parisienne, constituée du prévôt des marchands et des échevins, installés dans la « Maison aux piliers en Grève », là où leurs successeurs élèveront l'Hôtel-de-Ville. Un certain nombre d'« officiers », nommés par ces deux administrations et rémunérés par ceux qui font appel à leurs services, veillent à l'honnêteté des transactions, à la qualité des denrées, à la régularité des approvisionnements et à l'observation de prix équitables. C'est pour donner un cadre à l'exercice de ce contrôle que l'ordonnance

▲ Foires et marchés sont des manifestations apparues au Moyen Âge. À côté des grandes foires internationales comme celles de Champagne, toutes les autres se tiennent à des dates fixées par autorisation dans les villes et bourgs. C'est à cette époque que remonte la tradition des marchés, une tradition encore vivante aujourd'hui. (Un marché à Sarlat, en Périgord.)



Malgré la présence d'experts de contrôle, on peut supposer que la surveillance qui s'exerçait sur les denrées était moins stricte qu'aux Halles, le grand marché de la rive droite. Par exemple, les officiers jurés du parvis ont déclaré « *bon, loyaulx et marchans* » les « *quatre hosties de lart sallé* » que Guyart La Cloche, cordonnier de son état, et sa femme ont acquises à la foire pour 24 livres tournois. Tout sera différent quelques jours plus tard lorsque le couple les mettra en vente aux Halles: le courtier de graisses Guillaume Lessanglier en demandera la saisie et la destruction publique « *pour ce que le lart estoit cicatrisé et suspect d'estre de pourceaulx mors de peste, qu'il estoit mal sallé, non loyal ne marchant ne digne d'user a corps humain* »! Malgré les protestations de bonne foi des vendeurs et une nouvelle expertise, compte tenu que les accusés « *sont povres, ont emprunté et doyent encores les deniers employez audit achapt* », le verdict est confirmé: le porc est

Sur le parvis, les échanges ne sont pas exempts de tout contrôle

▲ Abritant leurs jambons sous des tentes à cerceaux, ces marchands ont payé comme d'autres leur emplacement aux chanoines.

LA FOIRE AUX LARDS

de février 1416 établit des « courtiers des gresses », chargés de surveillance de l'alimentation carnée.

Située un peu en marge du système habituel et de son encadrement rigoureux, la foire du parvis Notre-Dame constitue une sorte d'espace de liberté. Toutefois, les échanges qui y ont lieu ne sont pas exempts de tout contrôle. En effet, les chanoines, non seulement propriétaires de la foire, sont encore collégalement seigneur du lieu où elle se tient, c'est-à-dire qu'ils y exercent notamment des droits de justice. Ainsi, les transactions y sont-elles placées sous la juridiction du chapitre Notre-Dame dont le juge civil et criminel est désigné sous le nom de Chambrier lai (ou laïque).

Défaut de salaison

Quelques jours avant l'ouverture de la foire, deux compagnons bouchers sont venus prêter serment devant ce personnage. À cette occasion, ils se sont engagés « *de bien et loyaulment veoir et visiter les lars qui seront exposez en vente ou Parvis* ». Le contrôle de ces spécialistes intervient dès les premières heures de la manifestation. Déjà, quatre vendeurs ont été condamnés: Pierre Driel, parcheminier, sur l'étal duquel ont été trouvés deux quartiers de lard en partie avariés: les morceaux suspects seront séparés du bon et détruits par le feu. La portion saine lui sera rendue et il en sera quitte pour une amende. Un sort identique est réservé à Jehan Lhoste, « *compaignon espicier* », Jacques Bourgeois, chandelier, et Jehan Mauvais, boucher et tavernier pour qui un jambon est saisi pour garantie. Le lard est saisi parce qu'il est « mauvais », c'est-à-dire avarié, notamment par défaut de salaison: observant une marchandise corrompue, les jurés déclarent « *ladite fesse estre puante a faulte de sallé* ». Bien entendu, le contrevenant proteste, affirmant de manière péremptoire qu'« *il sent seulement la nourriture de laquelle le pourceau a esté nourri* »! Rien n'y fait.

déclaré « *terne, sanguineulx, cicatrisé de bosses (...) mal sallé et labouré* ». Les malheureux contrevenants n'échapperont pas à la destruction de leur marchandise et au paiement d'une amende au profit du roi. Le récit de cet incident constitue une bonne illustration de la fragmentation des pouvoirs de justice dans la ville médiévale et met en lumière la manière dont s'exerce l'autorité des seigneurs qui se partagent l'espace urbain. Ceux-là, jaloux de leurs prérogatives, réagissent à la moindre usurpation. Une foire se tenant également sur le parvis – la foire aux oignons – nous fournit un exemple frappant de cette rivalité entre les différents pouvoirs. Le Chambrier lai du chapitre de Notre-Dame, averti qu'un « *mesureur et revisiteur d'aulx et d'ongnon* » contrôlait les bottes de bulbes en vente sur le parvis sans en avoir pris sa permission, intervint sur les lieux et lui ordonna d'arrêter sa « *visitacion* » sans quoi il le ferait « *prisonnier de l'Eglise* ». L'officier, fort d'une ordonnance du prévôt des marchands lui permettant d'exercer son contrôle sur l'ensemble de la ville, lui rétorqua qu'« *il n'en ferait riens et ne vout cesser de visiter* ». Heurté, le chambrier fit arrêter l'insoumis, lequel, « *en hayne* », exhorta ses collègues à venir le secourir. Ceux-ci saisirent violemment le représentant du chapitre, le traînèrent hors du parvis pour le mener « *en la Conciergerie [la prison du Palais] comme un larron et plus scandaleusement que on ne meine les larrons et malfaiteurs* ». Sans tarder, une procédure fut ouverte contre les officiers de la Ville auxquels des amendes furent réclamées à titre de réparation tandis que l'évêque et le chapitre, dont l'autorité seigneuriale, au moyen de cette violation, avait été contestée, menacèrent d'excommunication les récalcitrants éventuels!

Yoann Brault

Aujourd'hui encore, ►
le parvis Notre-
Dame accueille
des activités
commerciales.



Le parvis Notre-Dame un espace religieux, public et commercial

C réée à l'endroit qu'occupait l'ancienne basilique Saint-Étienne, le parvis représente plus qu'un simple dégagement ménagé devant la façade de la nouvelle cathédrale. Cette vacuité de 40 m de profondeur, voulue par Maurice de Sully, répond à des exigences d'ordre historique, liturgique et symbolique. Historique parce qu'il tire son origine de la tradition antique : les atriums de la haute époque. Au IV^e siècle, ces vastes cours fermées qui précédaient les basiliques constituaient des lieux de circulation, de recueillement et de purification : un vestibule, en quelque sorte, placé à la jonction d'un espace sacré et du monde profane (l'agitation urbaine), ce que confirme la présence habituelle d'une fontaine située au centre, destinée à servir aux ablutions du fidèle avant qu'il ne pénètre dans le lieu dédié au culte. Cependant, tout, dans la disposition du parvis Notre-Dame, ne cède pas à la citation appuyée de cet âge d'or des premiers temps de l'Église : le parti retenu s'inscrit à la fois dans la tradition et dans la modernité. La fontaine relève de l'héritage par sa finalité première, de la modernité par son usage : elle a été établie dans l'axe de la façade, à la limite occidentale du parvis, afin de la rendre utilisable par les habitants du quartier ce qui fait d'elle un important lieu de sociabilité dans la Cité.

Mais l'aspect le plus novateur du parvis est son ouverture. Il ne s'agit plus d'un espace ceinturé de hauts murs dont l'accès est contrôlé au moyen d'une porte, mais d'un massif maçonné à hauteur d'appui percé de plusieurs ouvertures libres, séparé de la cathédrale par un seul alignement de bornes. En somme, cette aire dégagée, si elle annonce la présence d'un espace sacré, invite le fidèle qui l'emprunte à passer sans heurt de la ville à l'église.

La double nature du parvis fait de lui un lieu privilégié de rassemblements, religieux ou politiques, fermement arrimé à la vie urbaine. Même initiée à l'extérieur de l'île, des processions y convergent fréquemment : à l'occasion de pluies, d'inondations ou autres « calamités », la chasse de sainte Geneviève, patronne de Paris, y est alors portée en grande pompe et sa vue seulement excite la ferveur et redonne espoir aux plus démunis. Des événements plus frivoles ramèneront en des temps meilleurs la même foule d'anonymes, divertis par les chansons d'un ménestrel et les pitreries d'un saltimbanque ou touchés par la représentation d'un mystère. Le parvis sert aussi de cadre aux cérémonies officielles ce qui fait de lui la tribune publique de l'évêque et du chapitre et le lieu où s'exprime, au cœur de la ville, leur pouvoir temporel. Symbole de son statut seigneurial, le prélat y possède une échelle patibulaire sur laquelle

seront flétris les corps de ceux qui auront commis un crime au sein de la juridiction épiscopale. C'est également là que les individus qui ont manqué à la doctrine officielle procèdent aux amendes honorables : en 1229, le comte de Toulouse Raymond VII se rendit à Notre-Dame, pieds nus, pour faire amende honorable de son hérésie et obtenir la levée de son excommunication. C'est là enfin que l'évêque, entouré de ses chanoines, accueille au cours de cérémonies pompeuses où se met en scène la puissance des protagonistes les personnages publics du royaume et les hôtes de marque étrangers.

Le parvis est la seule véritable place

Un lieu privilégié de rassemblement, fermement arrimé à la vie urbaine

de l'île. Facilement accessible depuis l'axe de la rue de la Juiverie, ce lieu propice aux rendez-vous, emprunté constamment par une foule de visiteurs, de badauds et de pèlerins est favorable au commerce ambulancier, permanent ou épisodique. Deux boutiques de chandelières y sont installées à l'année. Tous les dimanches, les marchands forains vendent leur pain rassis au parvis. Enfin, deux foires annuelles s'y tiennent : la foire aux oignons qui se tient le jour de la Nativité de la Vierge (8 septembre) et celle au lard, inaugurée le Jeudi Saint. ■

Yoann Brault

[Espaces et usages de la cathédrale]

▼ Dans le narthex, prolongement couvert du parvis, avaient lieu des rassemblements qui pouvaient dépasser le cadre spirituel.

Selon les estimations d'Eugène Viollet-le-Duc, Notre-Dame, la plus vaste cathédrale de son temps (5 500 mètres carrés au sol), pouvait accueillir 7 500 fidèles dans la nef plus 1 500 autres dans les tribunes. La répartition des individus présents lors des offices était fonction d'un strict cloisonnement de l'espace. Le chœur, servant de cadre au déroulement de la liturgie, constituait en fait une église dans l'église : l'évêque y pénétrait par une galerie qui débouchait du palais épiscopal, au sud ; les chanoines par une porte du cloître, au nord. Entouré par le déambulatoire de l'abside, il était complètement isolé des transepts, à l'ouest, par le jubé, un écran de pierre sculpté, percé d'une grille surmontée d'un crucifix. Ainsi circonscrit dans l'espace, le déroulement du rituel demeurait dissimulé au reste de l'assemblée,

Le narthex pouvait être le cadre de transactions de biens

marquant un fort contraste avec la masse passive des fidèles. Cette disposition particulière relève d'une métaphore biblique fondamentale selon laquelle les membres du clergé sont les pêcheurs et les laïcs, les poissons immergés dans la mer de la nef. Les proportions généreuses de la cathédrale, sa position centrale et son implication dans la vie quotidienne de l'île ont favorisé le développement d'usages et de pratiques qui dépassent le cadre des activités strictement religieuses qui y prenaient naturellement place. Ainsi, comme prélude à la nef, la cathédrale comporte une forme de narthex ou anté-église, lieu d'assemblée, de canalisation des foules, de départ de processions ou au contraire d'attente. Comme le parvis, dont il constitue le prolongement couvert, ce lieu polyvalent et transitionnel où s'articulent les contraires (le sacré et le profane) sert avant tout d'espace de médiation entre l'homme et le divin. Cette identité duelle qui autorise la tenue d'activités profanes et l'initiation de conversations privées explique que cette portion-ci de l'église soit devenue un haut lieu de convivialité de la ville médiévale, propice aux rendez-vous et à l'établissement de contacts. En outre, plusieurs sources indiquent que le narthex constituait un lieu privilégié de négociations : ainsi, certains actes officiels de la vie civile pouvaient y être passés (transaction de biens, donations...). On peut supposer que le cadre particulier dans lequel ces pratiques avaient cours donnaient

aux engagements contractés un surcroît de sûreté, les protagonistes s'étant accordés sous le regard de Dieu et des saints. A l'occasion, la cathédrale pouvait également servir de cadre aux rassemblements des membres appartenant à une même confrérie. Ces organisations pieuses et charitables, formées sur la base d'une communauté de culte ou de métier, se sont multipliées à partir du XIII^e siècle, lorsque les habitants des villes mirent en place des systèmes de solidarité entre égaux et d'assistance mutuelle. Au nombre de six dans le cas de Notre-Dame, ces groupements de laïcs occupaient une place notable dans la vie ecclésiale, participant aux processions sous la houlette de leur porte-bannière, ornant les chapelles de leurs saints patrons... Mais ils pouvaient être aussi l'occasion d'échanges, de débats et servir de relais d'informations, le tout dépassant largement le cadre spirituel. Aussi de tels rassemblements, sous couvert religieux, avaient-ils une dimension politique non négligeable et pesaient de leur poids dans la vie de la cité. ■

Yoann Brault



F. MOIREAU

Entre le Palais et la cathédrale, la Ceinture Saint-Eloi est l'un des quartiers les plus animés de l'île de la Cité. Il tire son nom d'un ancien monastère délimité par une clôture qui a disparu au cours du XII^e siècle, laissant la place à des maisons sur lesquelles le nouveau prieuré exerça son autorité.

ENTRE MOINES & MARCHANDS

A

u début du XIII^e siècle, la Ceinture Saint-Eloi est très densément peuplée : pour une surface d'environ 12 000 mètres carrés, ce quadrilatère délimité par les rues de la Barillerie, de la Calandre, aux Fèves et de la Vieille-Draperie, ne compte sans

doute pas moins de 1 000 à 1 500 habitants. De cette densité extrême, commune à toutes les grandes villes médiévales, résulte la topographie originale du pâté de maisons : le prieuré (voir l'encadré : « l'histoire du quartier Saint-Eloi ») en occupe le centre, entouré sur ses quatre côtés de maisons et de bâtiments divers. On y accède par deux passages couverts, l'un à l'est des bâtiments monastiques, et l'autre à l'ouest. Le premier qui donne dans la rue de la Barillerie, appelé « Huis Saint-Eloi », est si étroit que deux hommes n'y peuvent pas passer de front. Quant au second, il ouvre dans la rue de la Savaterie, sous une maison particulière, appelée la « maison Charlot », dans laquelle se trouve un petit « estal à vendre chandelles ». Plus large, il sert de porte charretière à

Au prieuré de Saint-Eloi, le « Préau des moines » est un lieu de rencontre de religieux, de curieux et de boutiquiers qui y ont loué leurs emplacements. (Donnent sur la cour, le cloître et l'église, à droite, la prison, à gauche, ainsi que l'arrière de maisons particulières.)





l'établissement, et l'on y convoie toutes les marchandises nécessaires à son approvisionnement le long de l'étroite venelle qui mène au Préau des moines. Un bail de 1365, passé entre le prieuré et le nouveau propriétaire de cette maison, Guillaume Bouchart, précise que « *pouroient lesdiz religieux passer, rapasser et fere venir toutes heures qu'il leur plairoit par l'alee qui est dessoubz ladicte maison, leurs garnisons tant de blez, fueives, buche, vins, et toutes autres quelconques et que aussi y passeroient et pouroient passer et rapasser les gens du roy nostre seigneur, de la royne en la manière que accoustume avoient* ».

Les deux entrées du prieuré

Ces deux entrées aboutissent à une placette, appelée le « Préau des moines », située devant le portail de l'église et souvent encombrée par des colporteurs ou des curieux qui se pressent autour des boutiques bâties sur des emplacements loués par le prieuré. C'est aussi là que se déroulent les punitions publiques – elles consistent le plus souvent en une distribution de coups de verges – infligées aux coupables condamnés par la justice du prieur. Y donnent également les fenêtres de l'arrière des maisons des rues de la Vieille-Draperie et de la Barillerie, ainsi que l'entrée des

Un moine en son ▼
jardin. Le prieuré
médiéval en dispo-
sait de deux dont un
servait de verger.



▲ Non loin du Palais, la Ceinture Saint-Éloi abrite, sur une superficie de 12 000 m², quelque 1 500 habitants.

▼ Dans le même quartier, rue de la Barillerie, on trouve des commerces de luxe comme l'orfèvrerie. Croix-reliquaire, XII^e-XIII^e siècle.



bâtiments monastiques. Celle-ci forme aussi un passage couvert ménagé dans une maison à colombages et à pignon donnant sur le préau.

Au rez-de-chaussée se trouve l'auditoire (salle de justice) du prieuré et les étages abritent le logement du sacristain. À droite de l'auditoire, on peut voir le bâtiment des prisons où sont retenus préventivement les suspects en attente de jugement. Au-delà de l'entrée, on arrive dans la cour du prieuré qui n'est pas pavée. Sur la gauche s'élève le bâtiment principal, composé de deux étages à arcades gothiques, qui abrite le réfectoire, la salle du chapitre où les religieux se réunissent en assemblée plénière, la bibliothèque pour l'étude et le dortoir des moines. Au fond de la cour se trouvent les écuries. Le prieuré possède deux jardins, l'un derrière la cour, à l'angle des rues de la Barillerie et de la Calandre ⁽¹⁾, le second près de l'église, derrière le bâtiment des moines, servirait de verger. L'église du prieuré, rebâtie au XII^e siècle par les moines nouvellement arrivés, est d'un style gothique primitif ⁽²⁾. La nef comprend quatre travées et un jubé qui sépare le chœur des moines de l'espace accessible aux

1 – Ce jardin a sans doute été loti au cours du XIV^e siècle.

2 – Cette hypothèse n'est pas prouvée mais très vraisemblable.

L'HISTOIRE DU QUARTIER SAINT-ELOI

L'histoire du prieuré commence en 635, lorsque Eloi, le grand argentier du roi Dagobert I^{er}, décida de fonder un monastère de filles sur une terre que lui avait offerte le roi sur l'île de la Cité. L'origine légendaire de cette fondation a été transmise par la vie de saint Eloi, relatée par saint

Ouen et reprise dans un poème du XIII^e siècle, les *Miracles de Messire Saint-Eloi*: la maison donnée par le roi s'étant révélée insuffisante pour bâtir le monastère projeté, Eloi était venu lui demander une place inoccupée toute proche, adossée au Palais, don auquel le roi avait aussitôt consenti; mais comme elle excédait d'un pied celle sollicitée, le saint s'en excusa auprès du roi, qui, touché par l'honnêteté de son argentier, lui en offrit le double. La parcelle, accolée au Palais et enclose de murs, était assez étendue pour contenir des bâtiments qui purent accueillir trois cents moniales à l'apogée de l'abbaye, au IX^e siècle. Parallèlement, celles-ci acquirent de nouvelles terres sur l'île et sur la rive droite de la Seine et se constituèrent un vaste domaine qui leur procura des revenus substantiels. Mais cette période florissante ne dura pas: la conduite des moniales se dégrada peu à peu, et bientôt le relâchement devint général. En 1107, les

religieuses sont accusées de s'être livrées à la fornication dans l'enceinte de leur couvent, malgré les multiples avertissements de l'évêque – la proximité de la garnison du Palais ne serait d'ailleurs pas étrangère à cette conduite scandaleuse. Elles furent alors dispersées dans différents monastères, et les bâtiments furent confiés aux religieux de l'abbaye de Saint-Maur-des-Fossés, pour y installer un prieuré de douze moines. Les moines, moins nombreux, n'avaient plus besoin de tant d'espace, aussi les murs de clôture furent-ils abattus et le terrain, loti. Nombreux furent les particuliers qui achetèrent les parcelles ainsi délimitées, sur lesquelles le prieuré préleva désormais une redevance foncière, le cens. Cependant la tradition conserva le nom de Ceinture Saint-Eloi bien au-delà du Moyen Âge.



▲ L'histoire des religieuses qui découvrent la sexualité est intimement liée à celle du prieuré. C'est aussi le thème d'une célèbre nouvelle médiévale de Jean Boccace. (*Le Décaméron*, XIV^e s.)

Les moines possèdent des immeubles et un four où l'on vient cuire son pain

fidèles, comme dans toutes les églises de l'époque. Une galerie relie directement le bâtiment monacal au chœur de l'église pour permettre aux moines, après avoir célébré les offices du matin, de regagner leur dortoir. Derrière le chœur se trouve la chapelle Sainte-Aure, dédiée à la première abbesse du premier monastère, dont la châsse est l'objet de dévotions populaires. Sur le flanc sud de l'église s'élève le clocher, tour de deux étages à arcatures gothiques, également du XIII^e siècle. Le prieuré possède en outre dans le quartier des immeubles qu'il loue, ainsi qu'un four, le four Sainte-Aure, où les habitants de l'îlot cuisent leur pain, moyennant le paiement d'une taxe.

Les maisons particulières s'organisent autour du prieuré. Elles sont pour la plupart à pignon sur rue, l'arrière donnant sur ses bâtiments. Chacune d'elles peut abriter plusieurs familles. Le propriétaire ou le locataire le plus fortuné vit au premier étage, et peut posséder plusieurs niveaux, tandis que le reste est divisé en « chambres », occupées par des familles plus humbles ou les domestiques de la maison. Des boutiques, que le propriétaire loue aux habitants de la maison, se trouvent au rez-de-chaussée. Malgré l'étroitesse du terrain disponible, chaque maison possède sa cour intérieure, ou même une cour à l'arrière du corps de logis principal, où l'on peut élever des animaux domestiques, et notamment des poules. Certaines ont même un jardin comme celle de Thomas de la Huchette, rue de la Savaterie, qui possède aussi une écurie au fond.

Les métiers se ►
regroupent dans
des rues aux-
quelles ils donnent
leurs noms, telle la
rue de la Savaterie.



Les voisins ont pour obligation de respecter le calme du prieuré

La Ceinture Saint-Éloi est un quartier animé, et sans aucun doute bruyant. L'activité commerciale et la promiscuité engendrée par l'étroitesse des parcelles sont préjudiciables aux moines qui se plaignent du bruit et des inconvénients occasionnés par un voisinage irrespec-

tueux de leur quiétude. Comme en témoignent contrats de vente et baux de location, le prieuré impose parfois ses conditions aux nouveaux arrivants : ainsi Thomas Du Tricot et sa femme qui s'installent, en 1359, comme locataires, rue de la Barillerie, se sont engagés à « *ne pas faire couchier ne gésir en une chambre d'icelle maison qui est derrere, sur et par-devers la petite court estant devant les prisons et les estables de ladite église [du prieuré], aucuns petiz enfans qui facent breerie et nouaise par quoy la pays [paix] dudit prioré ne les gens estant en icelui en soient ou puissent estre empeschiés* ». L'ouverture des fenêtres est aussi strictement réglementée : l'acte de vente passé en 1214 entre le prieuré et un cuisinier du roi nommé Aubert, pour une chambre, rue de la Barillerie, interdit au nouvel occupant d'ouvrir des fenêtres qui donnent sur le jardin du prieuré. Ils doivent également promettre de bien se comporter à l'égard des religieux.

La Ceinture Saint-Éloi est un des quartiers les plus commerçants de la Cité. Le négoce y est favorisé par la situation de l'îlot que longe la rue de la Barillerie ⁽³⁾ qui constitue une portion d'un des deux grands axes Nord-Sud du Paris médiéval. De plus, la proximité du Palais a encouragé l'installation de riches marchands aux XII^e et XIII^e siècles, attirés par la présence des grands personnages de la Cour qui constitue une clien-



lèle aisée. Ainsi, plusieurs commerçants de l'îlot sont fournisseurs du Palais, en draps, en pièces d'orfèvrerie, mais aussi en chevaux ou en tous autres produits de luxe. Le quartier abrite des corporations de métiers, qui donnent leur nom aux rues alentours.

La rue de la Vieille-Draperie, qui longe le côté nord du monastère est habitée majoritairement par des drapiers; située au centre du quartier drapant de la Cité, elle réunit dans son voisinage tous les métiers liés à la draperie comme les tondeurs de draps ou les tailleurs de robes. De grands drapiers y logent avec toute leur maisonnée, constituée de leur famille et de leurs domestiques: ainsi, en 1280, le drapier Jean de Tremblay y vit avec ses deux valets, Guillot et Adenot, ses fils, Jeannot et Simonnet, sa fille, son neveu Simonnet, le fils de son frère défunt Guillaume. Ces maisonnées, souvent très nombreuses, témoignent de la solidarité familiale dans la société médiévale. La rue de la Vieille-Draperie, d'une largeur exceptionnelle pour l'époque, 7 mètres, mène à l'entrée principale du Palais, et abrite, avec la rue de la Barillerie, qui le longe, des commerces de luxe. En effet, les ouvriers de la rue de la Barillerie sont pour la plupart occupés par des orfèvres, donc fréquentés par une clientèle riche. Ce n'est peut-être pas un hasard si saint Eloi est leur patron! On y rencontre également des lormiers (fabricants d'éperons) et des selliers, dont les principaux clients sont les nobles de la cour.

Des métiers moins prestigieux

Dans les rues secondaires, plus étroites ⁽⁴⁾, habitent des familles plus modestes et sont regroupés des métiers moins prestigieux. Ainsi, dans la rue de la Savaterie, se trouvent (comme son nom l'indique) de nombreux savetiers, c'est-à-dire des cordonniers, mais aussi des gantiers, artisans plus humbles et moins bien considérés que les drapiers ou les orfèvres. Cet inventaire de l'activité de l'îlot n'est pas exhaustif et bien d'autres métiers y sont représentés: les taverniers par exemple, comme Geoffroy de Châtillon, qui occupe en 1280, rue aux Fèves, la taverne que ses parents, Adam Claude et Félicie, avaient achetée. Il est en effet courant que le fils succède à son père.

Autre type d'activité aux alentours du prieuré: les multiples petites échoppes et étals en bois, où se vendent de menues marchandises, telles les bougies ou la cire; enfin, les nombreux colporteurs et marchands ambulants, comme dans les rues de la Cité à l'époque.

La Ceinture Saint-Eloi où voisinent membres du clergé, représentants de la bourgeoisie parisienne et couches populaires, occupés à des commerces et à des métiers de différents niveaux, offre un exemple de cette mixité sociale caractéristique des villes médiévales.

Antoine Ruault



▲ Les tailleurs sont liés au métier privilégié de la draperie, qui occupe une grande rue menant au Palais.

Les petits artisans, tels ▼ les cordonniers et savetiers, sont établis dans les rues secondaires.



3 - L'actuel boulevard du Palais.

4 - Dont on ignore si elles étaient pavées.



LES CATHÉDRALES

LES BÂTISSEURS DU SACRÉ

Cathédrale de Chartres

CARL DE KEYZER - MAGNUM

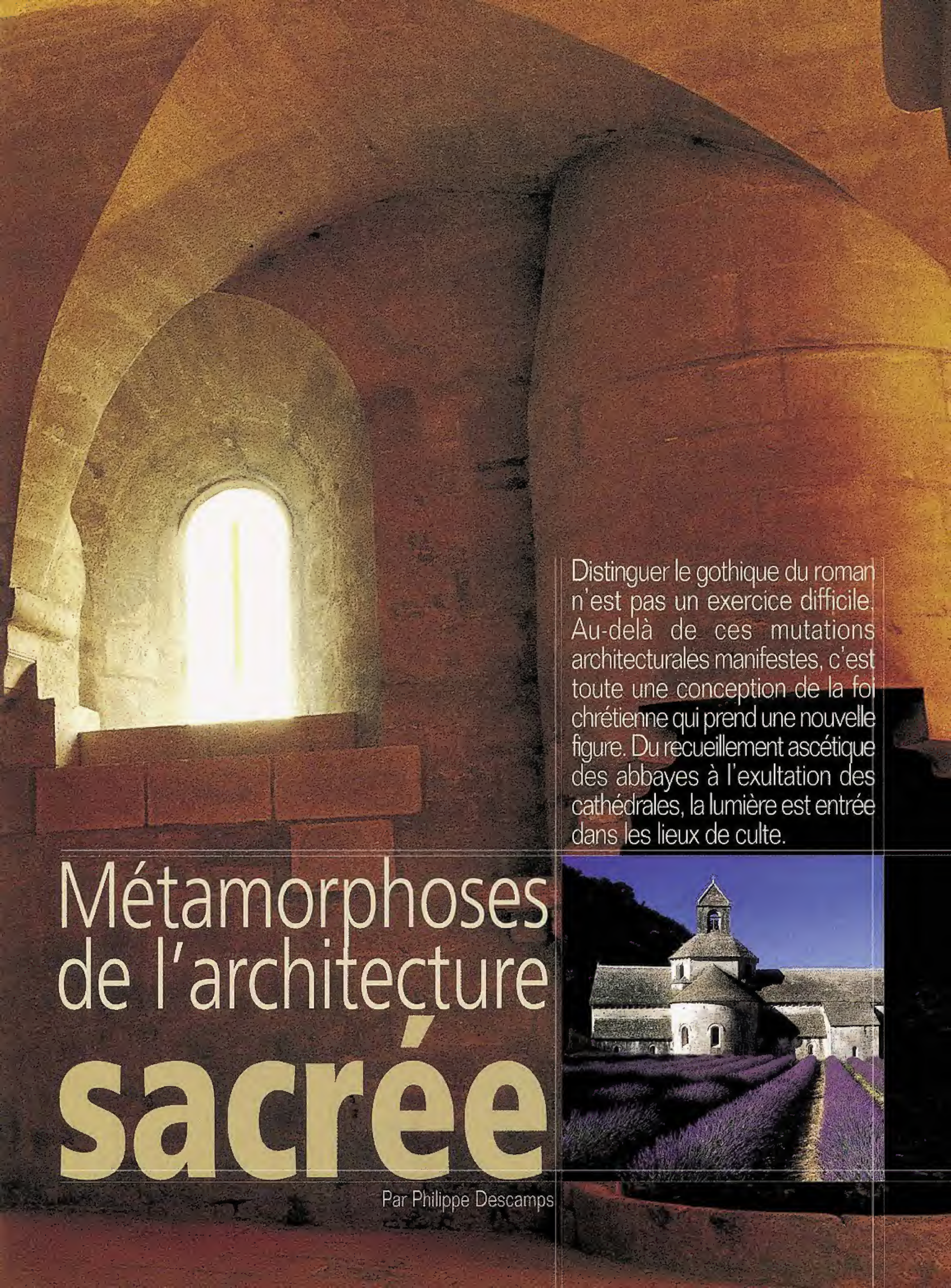


2

LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES
LA COLLECTION DES LA COLLECTION DES
CAHIERS DE SCIENCE & VIE

Le roman est un art monastique.

Loin de l'effervescence des villes, les abbayes romanes sont des lieux dévolus à la prière. (Ci-contre, chauffoir de l'abbaye cistercienne de Senanque. En bas à droite, vue extérieure.)



Distinguer le gothique du roman n'est pas un exercice difficile. Au-delà de ces mutations architecturales manifestes, c'est toute une conception de la foi chrétienne qui prend une nouvelle figure. Du recueillement ascétique des abbayes à l'exultation des cathédrales, la lumière est entrée dans les lieux de culte.

Métamorphoses de l'architecture **sacrée**

Par Philippe Descamps





Edifice charnière, la basilique du Vézelay est tout entière du XII^e siècle. Pourtant, roman et gothique s'y croisent. Depuis le début de sa construction, le style nouveau est en effet adopté partout en France. (Bas-côté nord de la basilique de Vézelay.)

Rythmée par la prière,

la vie du moine cistercien est consacrée à la méditation. Le dortoir de l'abbaye du Thoronet est ainsi directement relié à l'église pour faciliter l'accès aux offices.

L'architecture religieuse prend véritablement son envol au X^e siècle, avec ce que l'on nommera au XIX^e l'art roman. Pourquoi peut-on parler d'un tel renouveau ? Tout simplement parce que la période est extrêmement féconde : riche en œuvres et en innovations. Mais c'est aussi et surtout, peut-être, une période pendant laquelle l'architecture religieuse se rapproche d'une unité et d'une originalité qu'elle ne connaissait pas auparavant. Depuis la conversion de Constantin et l'édification des premières églises en 323, la structure de celles-ci était très redevable de la basilique romaine antique. Même la période carolingienne, en s'inspirant des constructions paléochrétiennes italiennes et byzantines, ne s'en détachera pas complètement.

Les deux siècles qui précèdent l'an mil sont marqués par les guerres féodales, les invasions, les famines et les épidémies. Les invasions normandes notamment ont vidé peu à peu les villes, et les populations se sont en maints endroits réfugiées autour des monastères. La dynastie des Capétiens, à partir de l'avènement de Hugues Capet en 987, ramène, certes, la paix et une certaine stabilité. Cependant, ces catastrophes ont contribué à donner à certains ordres monastiques une influence jamais égalée. Les monastères se voient dotés d'un extraordinaire pouvoir, tout d'abord parce que de nombreux seigneurs s'appuient sur eux pour asseoir leur domination sur un territoire, mais aussi parce que certains ordres, comme celui de Cluny, bénéficient d'une grande indépendance à l'égard du roi.

C'est en 909 que Bernon, issu de la noblesse bourguignonne, fonde le monastère bénédictin de Cluny qui bénéficie d'une exemption pontificale. Autrement dit, il se trouve sous l'autorité directe du pape.

Autour de l'an mil, le pouvoir des monastères est prodigieux

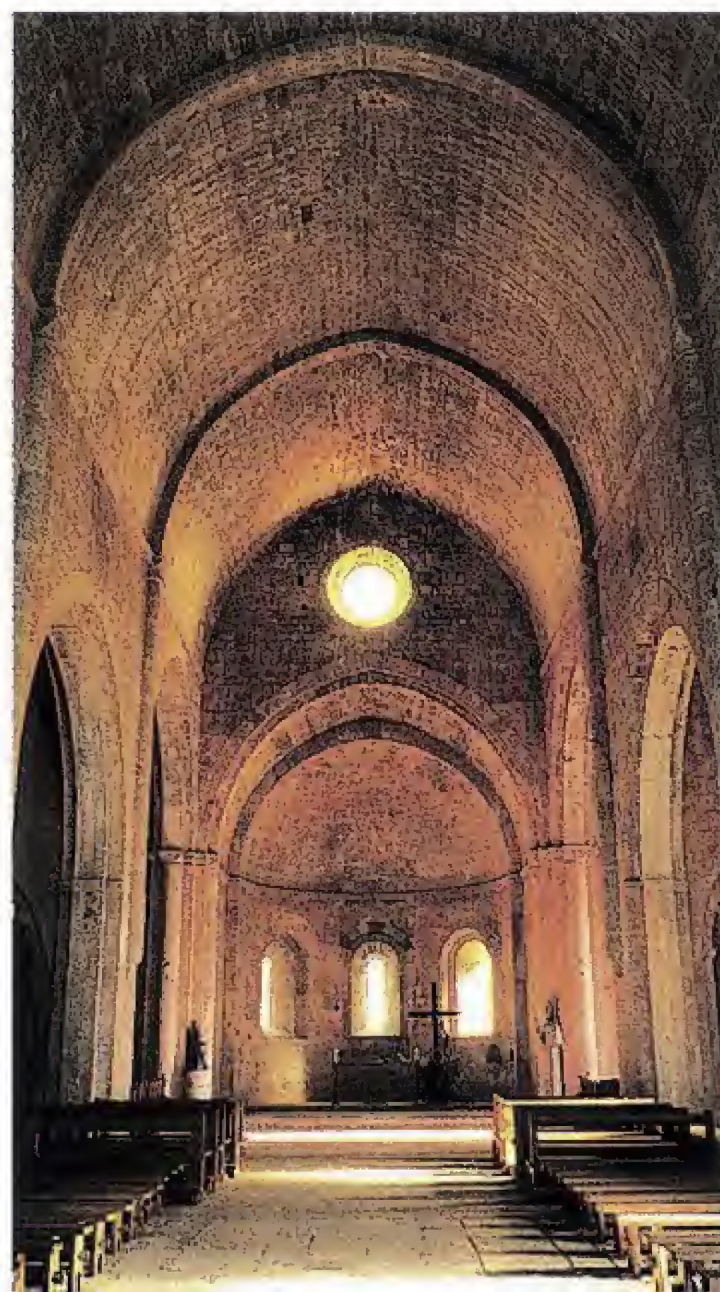
Conformément à la règle,

aucune décoration ne perturbe l'austère harmonie de l'oratoire du Thoronet.

Cluny atteint son apogée au XII^e siècle. À ce moment, près de 1 500 monastères sont placés sous son autorité. Accumulant les richesses et accordant la primauté à la liturgie et à la somptuosité de l'office divin, les bénédictins de Cluny mettent en chantier de nombreux édifices. En moins de deux cents ans, trois abbayes, chacune plus vaste que la précédente, sont successivement construites

à Cluny. La troisième, élevée sous l'autorité de l'abbé Hugues de Sémur, constitue l'un des chefs-d'œuvre de l'art roman. Elle est consacrée en 1096 par le pape Urbain II.

En réaction à la puissance de Cluny, le monastère de Cîteaux est fondé en 1098 par Robert de



CITEAUX ET CI-CONTRE : R. NOURRY - SCOPE



Molesmes. Les cisterciens suivent aussi la règle de saint Benoît, mais ils entendent l'appliquer à la lettre en renforçant les principes de pénitence : pauvreté, ascétisme et uniformité. L'ordre s'étend rapidement et bientôt les abbayes de Clairvaux, La Ferté, Pontigny et Morimond en deviennent d'éminentes représentantes. Le souci d'austérité des cisterciens se ressent dans l'édification des sanctuaires : leur dépouillement est manifeste. Le chevet plat remplace les chœurs à déambulatoire et chapelles rayonnantes de Cluny, les vitraux ne sont plus que des grisailles et les sculptures sont rares.

L'unité du roman

Malgré les divergences que l'on peut constater entre les deux ordres, il apparaît clairement, d'autant plus clairement que cela est visible dans l'architecture romane elle-même, que l'exercice de la foi n'est envisageable à l'époque que dans le recueillement et l'isolement. Le premier acte de foi consiste à se retirer du monde pour s'adonner à la prière. Le véritable chrétien est celui qui renonce à la vie urbaine. C'est la raison pour laquelle, sans doute, les édifices romans se trouvent pour la plupart en milieu rural. En outre, puisque l'art roman est le fait du milieu monastique, on comprend pourquoi aujourd'hui, à côté des cathédrales gothiques, les basiliques romanes nous semblent sombres.

Si le gothique peut apparaître à maints égards comme une évolution et un aboutissement des expériences techniques et esthétiques romanes, et essentiellement de celles de Cluny, il est avant tout le résultat d'une mutation profonde de la société et de la foi. Le renouveau gothique est, par bien des aspects, extraordinaire. Pour les seuls XII^e et XIII^e siècles, 80 cathédrales sont érigées en France

Les vestiges romans

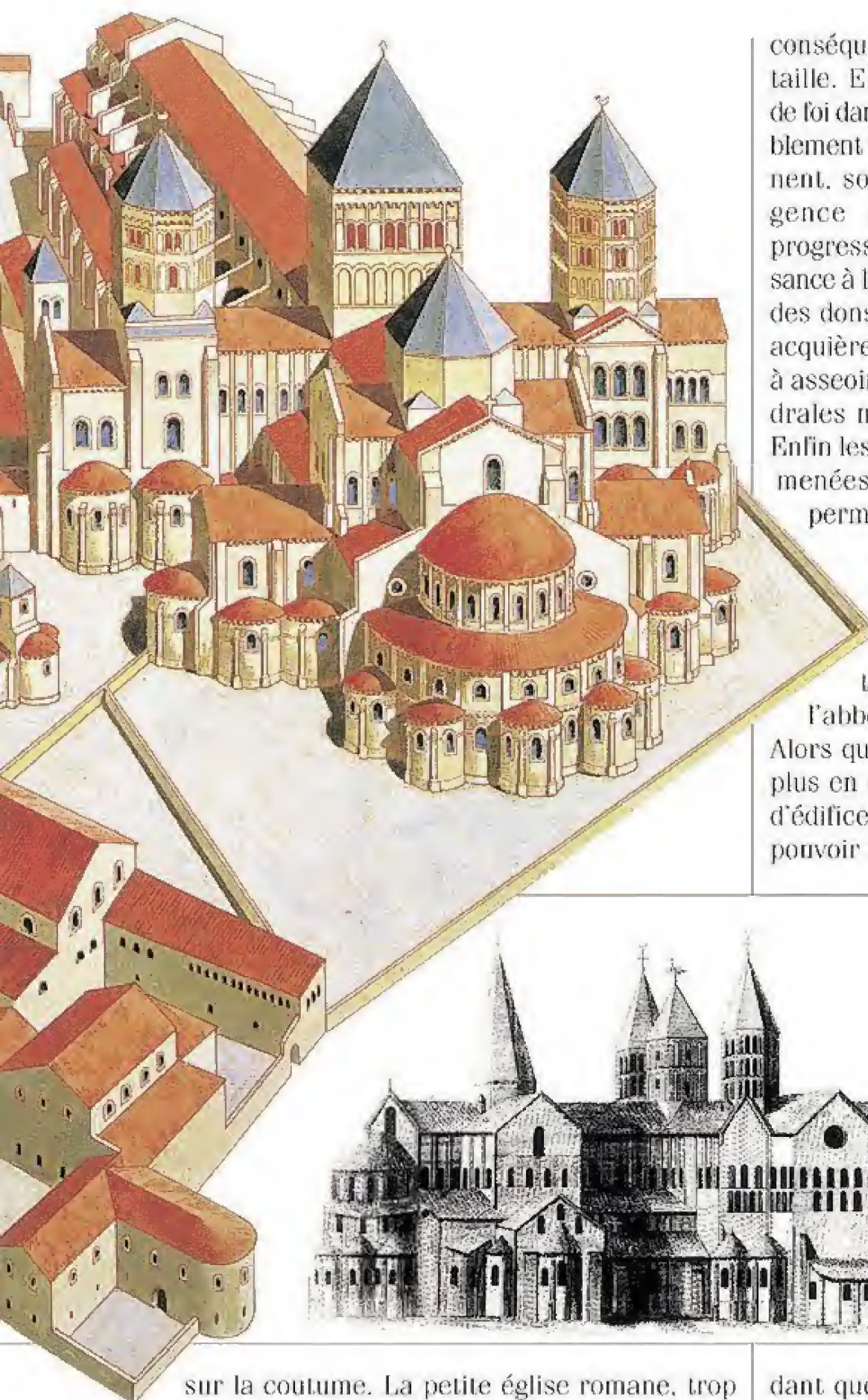
de l'abbaye bénédictine de Jumièges. Vendue à la Révolution à un marchand de bois, elle a été détruite pour en vendre les pierres.



Le monastère de Cluny atteint son apogée au XII^e siècle. 1 500 monastères environ en dépendent alors. (Reconstitution de l'abbaye et de ses dépendances.)

qui rivalisent de beauté, de grandeur et d'innovation technique. Deux faits majeurs permettent d'expliquer cette mutation.

Jusqu'au XI^e siècle les évêques sont nommés par le roi. Le pape Léon IX (1049-1054) commence à remettre en cause ce principe imposé par Charlemagne. Son successeur, Grégoire VII, poursuit cette œuvre d'émancipation de l'Église vis-à-vis du pouvoir temporel et entame une réforme à laquelle il donne son nom et dont on peut lire les propositions dans le *Dictatus papae* de 1075. Désormais, « seul le Pontife romain mérite d'être appelé universel », « seul il peut déposer ou absoudre les évêques » et « il lui est permis de déposer les empereurs ». La réforme grégorienne octroie donc une grande indépendance aux évêques, au moins à l'égard des monarques. La véritable autorité dans les villes revient ainsi à l'évêque qui est chargé directement par le pape de rassembler les fidèles et d'imposer la supériorité du droit canon



conséquences de cette première croisade sont de taille. Elle s'accompagne tout d'abord d'un élan de foi dans tout l'Occident. Ensuite, elle éloigne durablement les seigneurs féodaux qui, lorsqu'ils reviennent, sont souvent ruinés. Cela permet l'émergence d'une bourgeoisie qui va prendre progressivement son essor et acquérir une puissance à la fois économique et politique. En octroyant des dons au chapitre de leur ville, ces bourgeois acquièrent une certaine renommée qui contribue à asseoir leur position. Le financement des cathédrales n'aurait pas été possible sans ces dons. Enfin les reliques rapportées des croisades et promenées dans toutes les campagnes de France permettent de récolter des fonds substantiels.

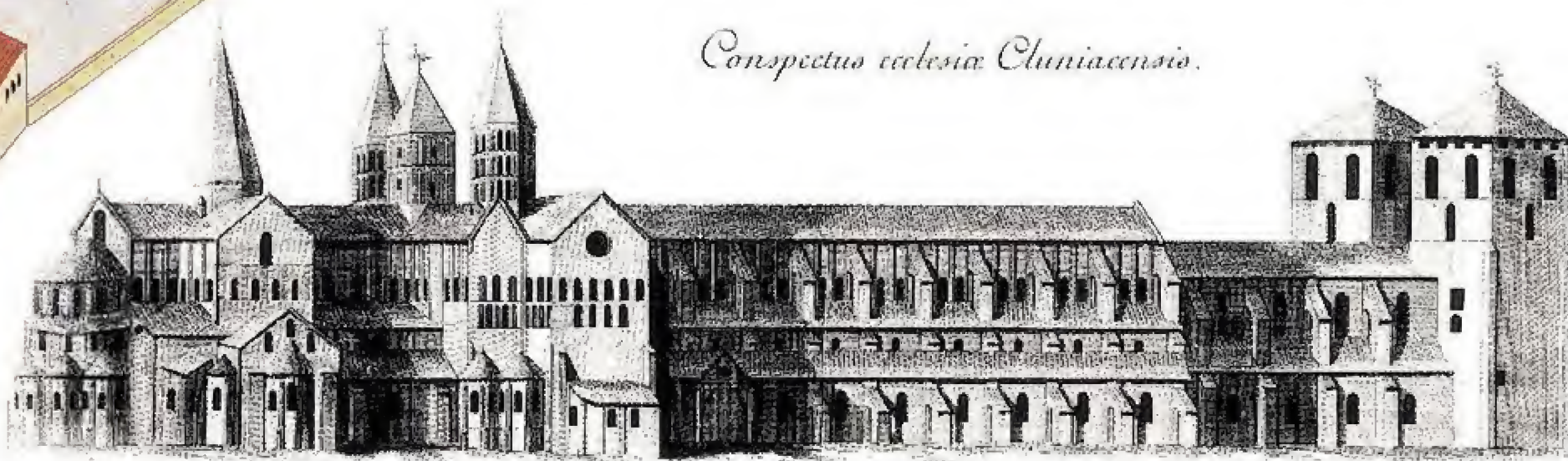
Avènement d'un art urbain

Si le gothique est, pour ces raisons, un phénomène urbain, c'est dans un monastère qu'il est né. Au milieu du XI^e siècle, l'abbé Suger dirige l'abbaye de Saint-Denis. Alors que le style austère des cisterciens fait de plus en plus autorité en matière de construction d'édifice religieux, cet abbé, très impliqué dans le pouvoir temporel puisqu'il assure la régence pen-

L'église abbatiale,

qui servira de carrière de pierre à la fin du XVIII^e siècle, sera en grande partie détruite. (Ci-dessous, gravure du XVIII^e s.)

Conspectus ecclesiae Cluniacensis.



sur la coutume. La petite église romane, trop peu vaste et trop peu éclairée, n'est pas suffisante pour accueillir toute la communauté urbaine : il faut donc construire des édifices plus grands, plus lumineux et surtout plus somptueux afin d'émouvoir la population. Cette volonté de rassemblement citadin est à l'origine de l'édification des cathédrales, c'est-à-dire des monuments de la *cathedra*, qui désigne le siège de l'évêque.

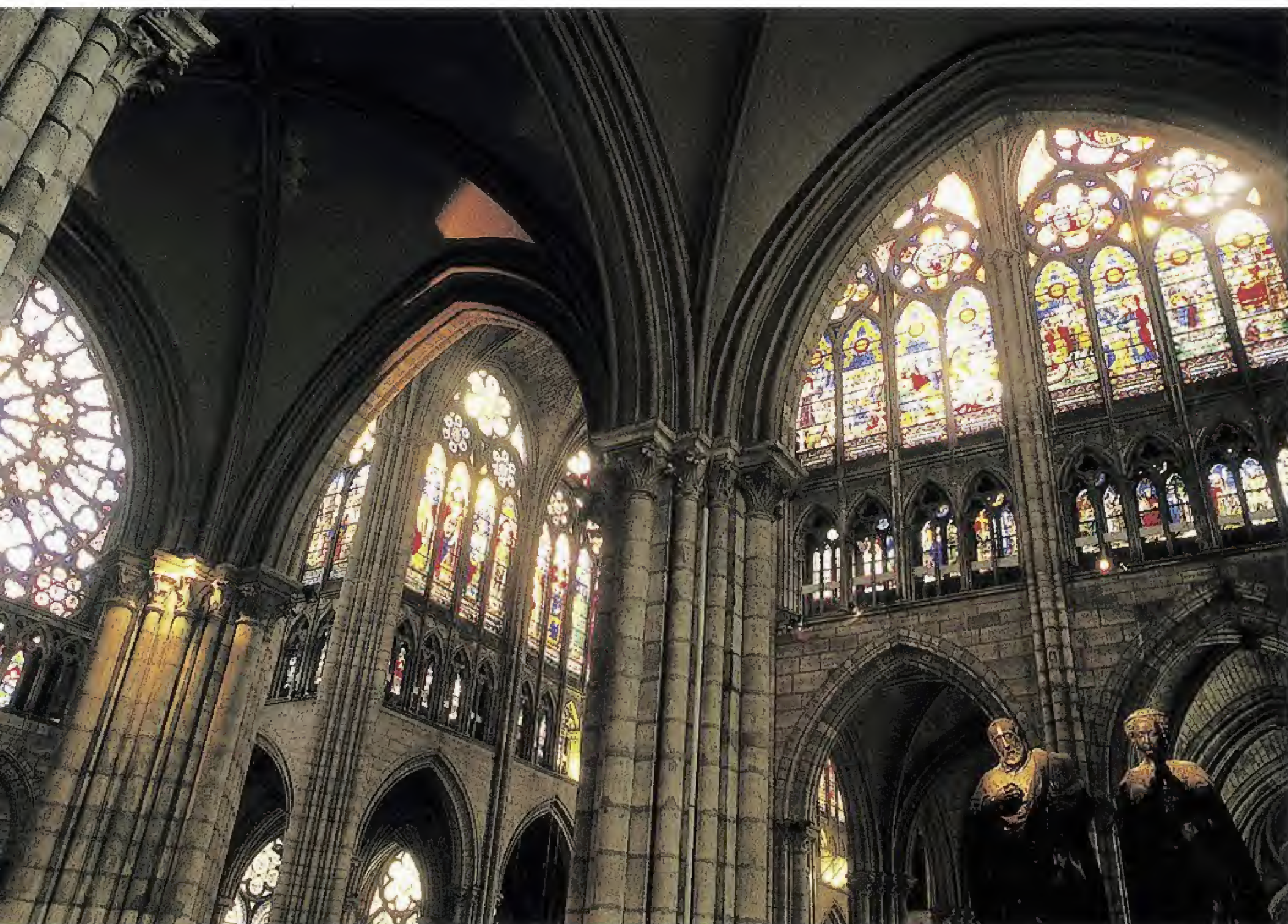
Parallèlement à cette réforme de l'Église, on observe au XI^e siècle un renouveau de la foi. Cette mutation n'est pas seulement quantitative, la foi change aussi de figure. Le 20 novembre 1095, à l'issue du concile de Clermont qui traite de discipline ecclésiastique, le pape Urbain II exhorte les chrétiens d'Occident à renoncer à leurs guerres fratricides et à s'unir pour délivrer les chrétiens d'Orient et Jérusalem de la menace des infidèles. Cet appel est entendu par de nombreux seigneurs qui partent à la conquête des Lieux saints. Les

dant que Louis VII est en croisade, conçoit une nouvelle vision de l'église. Celle-ci doit pouvoir manifester, dans ses formes même et dans sa décoration, la magnificence divine. Elle ne doit plus se contenter d'être un lieu qui incite à la méditation par son dépouillement et son ascétisme.

Aussi Suger réunit-il à Saint-Denis, où sont enterrés les rois de France, les bijoux les plus précieux

L'église doit désormais manifester la magnificence du Tout-Puissant

du royaume. De même les objets du culte, les calices et les ostensoirs essentiellement, seront-ils en or : « *Tout ce qu'il y a de plus précieux doit servir à la célébration de la Sainte Eucharistie.* » écrit-il. Et il ajoute : « *On ne peut recueillir le sang du Christ dans de la vaisselle ordinaire.* » Il y concentre aussi les reliques ramenées de Terre



Construit par l'abbé Suger,

le chœur de la basilique de Saint-Denis bouleverse l'architecture religieuse. Le gothique vient de naître, il va bientôt se diffuser en France.

sainte et, afin que les pèlerins puissent les admirer, il projette de faire reconstruire le chœur en aménageant un déambulatoire pouvant accueillir les foules. La basilique carolingienne encore en place est de plus bien trop sombre : « *Qu'on démolisse le chœur et qu'on le refasse avec de grandes*

fenêtres. De la lumière, un embrasement de lumière ! Que les objets du culte resplendissent ! » Tout est dit, les édifices religieux doivent être pénétrés par la lumière pour exprimer la beauté divine. Mais pour faire entrer la lumière dans le sanctuaire, il faut repenser l'architecture. C'est ainsi qu'à Saint-Denis apparaissent, pour la première fois, les croisées d'ogives. En faisant porter le poids de la voûte sur des piliers et non plus sur l'ensemble des murs, il devient possible d'évider ceux-ci pour faire place à de monumentales fenêtres ornées de vitraux afin qu'à la faveur du mouvement du regard les âmes s'élèvent.

Suger considère en effet qu'il faut voir pour croire. Aussi lumière, hauteur et profondeur constituent-elles les meilleurs adjuvants au sentiment reli-

gieux. Conformément à sa volonté de permettre au peuple d'assister et de participer aux cérémonies, Suger allonge et élève donc aussi la nef. Mais l'ampleur de l'édifice ne suffit pas, il faut aussi aménager la liturgie. Jusqu'à l'époque romane, l'autel était clôturé par le jubé et seuls les chanoines

pouvaient voir les moments importants de l'Eucharistie. Suger décide donc que le Saint des Saints doit être plus accessible au regard des fidèles. Fait marquant et révélateur, on commence à cette époque à pratiquer l'élévation de l'hostie. La messe est désormais un acte communautaire auquel participent aussi les laïcs.

Le nouveau chœur de Saint-Denis est consacré au cours d'une célébration dominicale de juin 1144. Le roi de France, les pairs du royaume, archevêques et évêques sont invités. L'effet est immédiat, la somptuosité du lieu éblouit les convives et la mode du gothique est lancée. L'archevêque de Rouen, qui assiste à la consécration, rentre en sa ville et décide immédiatement de démolir la cathédrale romane tout juste achevée pour en construire une autre, gothique évidemment. ■

De la lumière, pour faire resplendir les objets du culte

SCIENCE & VIE

MONDADORI FRANCE

NUMÉRO

EXCEPTIONNEL

DÉJÀ CULTE!

*Actuellement en vente
chez votre marchand
de journaux*

GAME OF THRONESSM & *la science*

© 2019 Home Box Office, Inc

En partenariat avec OCS

GAME OF THRONES

L'ultime saison en exclusivité sur **OCS**

DEPUIS LE 15 AVRIL

Lignes de force

Plus qu'une révolution esthétique, l'art gothique témoigne d'une singulière maîtrise des contraintes mécaniques et de leur répartition dans l'ensemble de l'édifice. (Voûtes de la cathédrale anglaise d'Exeter.)



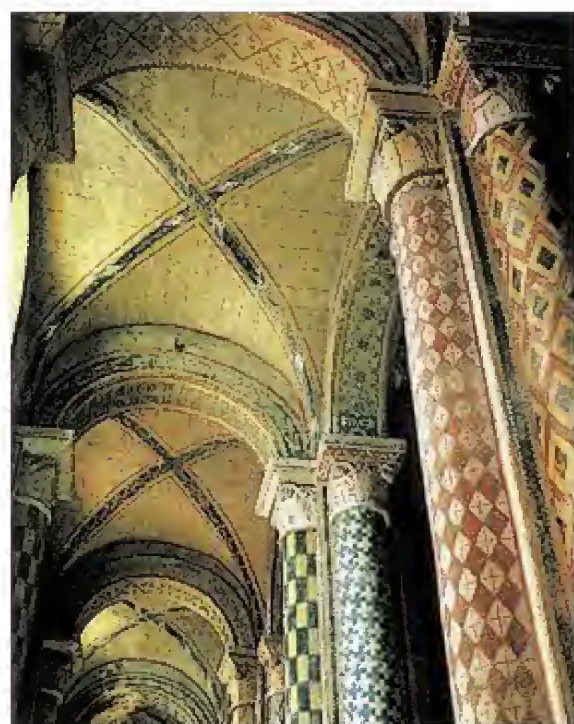


Comment construire des édifices à la fois plus hauts et plus légers ? Les bâtisseurs gothiques du XII^e siècle abandonnent la sobriété massive de l'art roman pour explorer une logique nouvelle de construction, dans laquelle les murs épais cèdent la place à un jeu plus subtil d'équilibre des forces. Un jeu dont nous avons, hélas, perdu nombre de clés.

Par Emmanuel Monnier



Des monuments qui jouent avec **la mécanique**

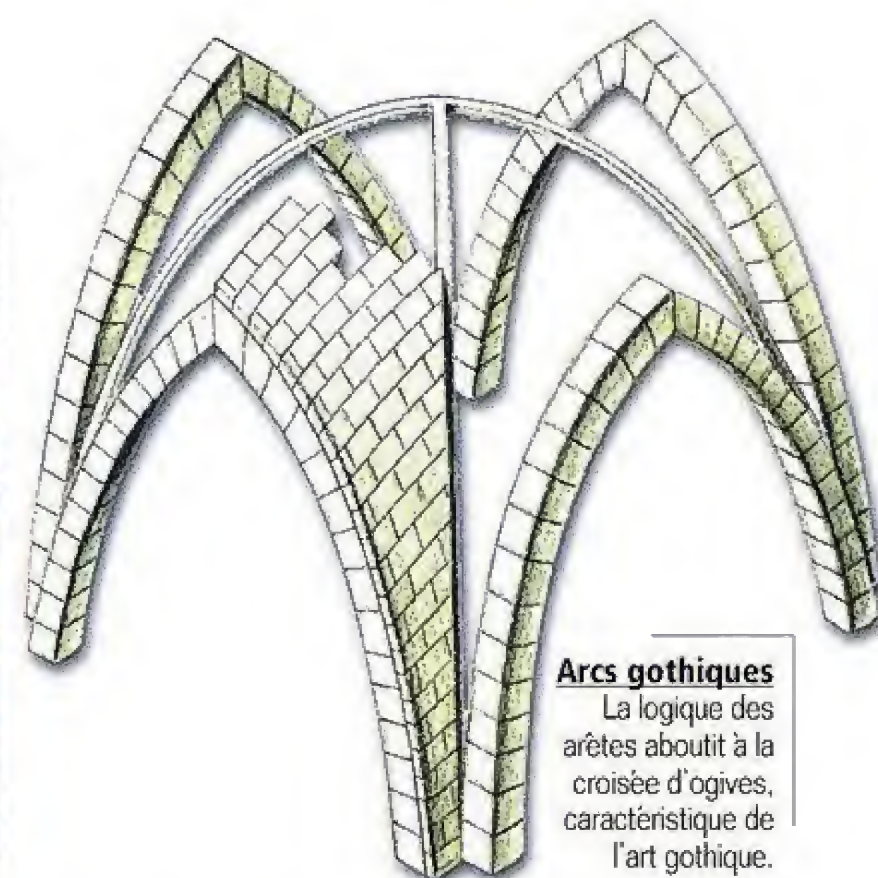


Sobre mais fragile

Simple dans sa conception, la voûte romane en berceau (à gauche) résiste mal à la flexion. La géométrie en arêtes (à droite) accroît sa stabilité en répartissant mieux les efforts.

De retour à Plaisance, Gabriele Stornaloco, « expert en l'art de géométrie », se met au travail. Sa mission de six jours à Milan fut instructive : n'a-t-il pas côtoyé les architectes les plus fameux du pays ? Tous venus au chevet d'une cathédrale qui ne cesse de donner des migraines à l'épiscopat. En ce mois d'octobre 1391, le chantier est bien avancé. Le plan est arrêté depuis fort longtemps, mais les Milanais hésitent encore sur l'élévation à donner à leur monument. Invité à partager son savoir des proportions mathématiques, Stornaloco envoie sa consultation qui, finalement, ne sera pas retenue.

Six mois plus tard, les autorités de Milan n'ont toujours pas arrêté de hauteur définitive à leur cathé-



Arcs gothiques

La logique des arêtes aboutit à la croisée d'ogives, caractéristique de l'art gothique.

drale. Lasses, elles décident en mai 1392 de réunir un conseil de quatorze maîtres, dont l'Allemand Heinrich Parler, ingénieur de la Fabrique depuis quelques mois. Ce conseil a pour mission de répondre à onze questions, dont celle-ci : doit-on achever la cathédrale *ad quadratum* ou *ad triangulum* ? En des termes plus vulgaires, le monument s'inscrira-t-il dans un carré dont le côté serait égal à sa largeur, ou dans un triangle équilatéral de même côté ? Plus prudente, la deuxième solution donne une hauteur moindre à l'édifice. Et c'est avec sagesse que le Conseil tranche en ce sens, à l'exception notable de l'ingénieur allemand.

On adoptera, en fait, une solution intermédiaire. Mais sept ans plus tard, le Conseil fait appel à trois nouveaux « ingénieurs » français, dont un certain Jean Mignot. Lequel tire des conclusions sans appel : la cathédrale est mal conçue et s'écroulera si on ne la corrige pas. Il a contre lui l'hostilité

« L'art n'est rien sans la science ». Quelle science ?

des maîtres italiens se réclamant des écrits d'Aristote. Adversaires et partisans se déchirent. Jean Mignot se défend par un précepte devenu célèbre : l'art n'est rien sans la science. Au diable, donc, les vaines interprétations esthétiques.

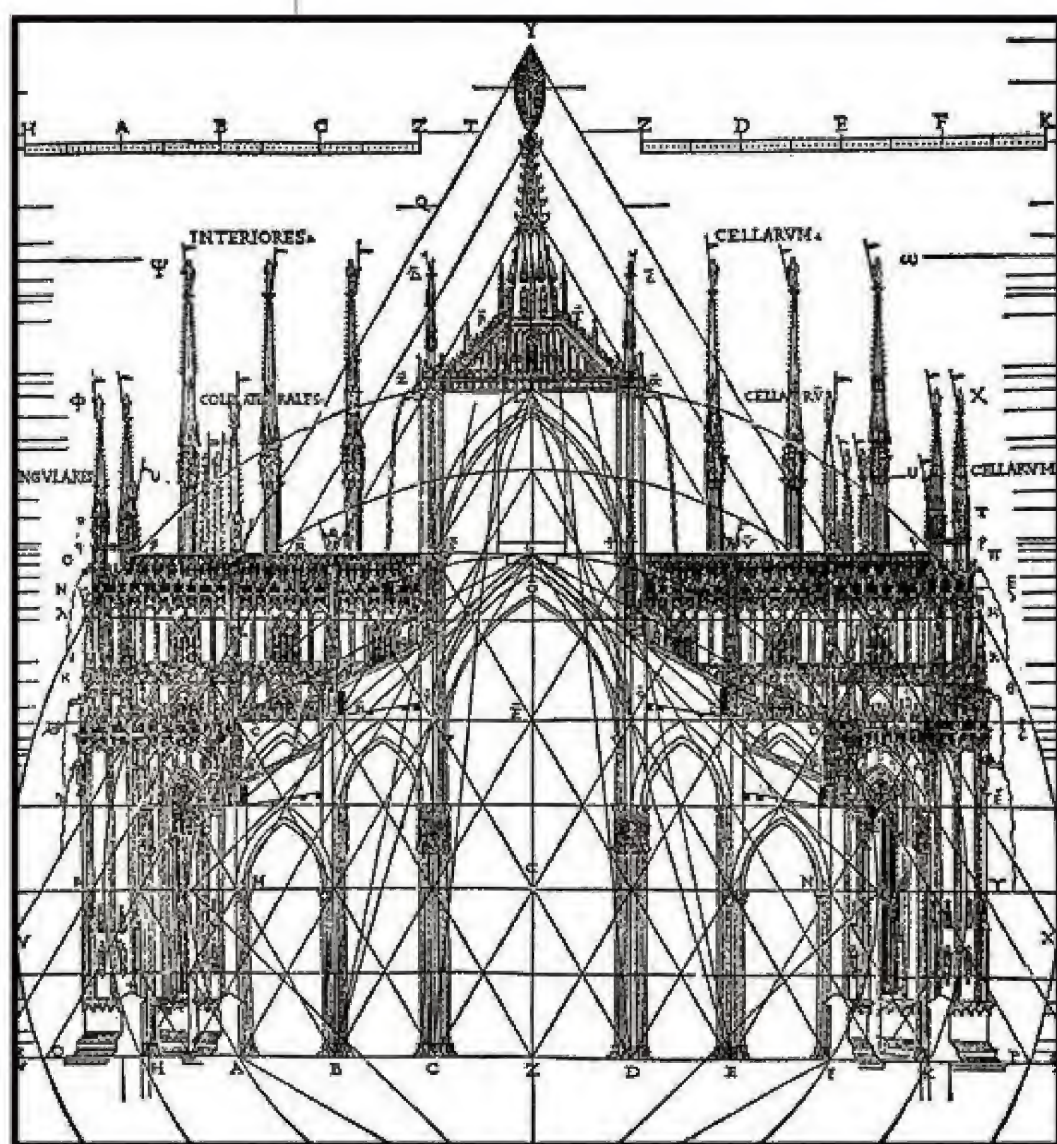
De quelle science, au juste, parlait-il ? Les bâtisseurs qui se lancèrent avec aplomb dans des projets aussi fous que la construction de la cathédrale de Chartres, de Bourges ou de Beauvais, avec

sa voûte perchée jusqu'à près de 50 mètres au dessus du sol, disposaient-ils d'un savoir formalisé, codifié ? Que savaient-ils des formes susceptibles de satisfaire l'équilibre de tels édifices ?

La question, aujourd'hui, est loin de faire l'unanimité parmi

Ad triangulum

Après moult hésitations, les architectes milanais choisissent d'élever leur cathédrale à une hauteur qui l'inscrit dans un triangle équilatéral. (Vitruve, *De Architectura*, ed. du XVI^e siècle.)





Hauteur et lumière

Les épais murs romans s'allègent dès le XII^e siècle en minces piliers, qui supportent les arcs de la voûte. Résultat : des édifices plus hauts et plus lumineux (cathédrale de Bourges).

clocher



Anatomie d'une cathédrale : Notre-Dame de Chartres

nef

bas-côté

pilier

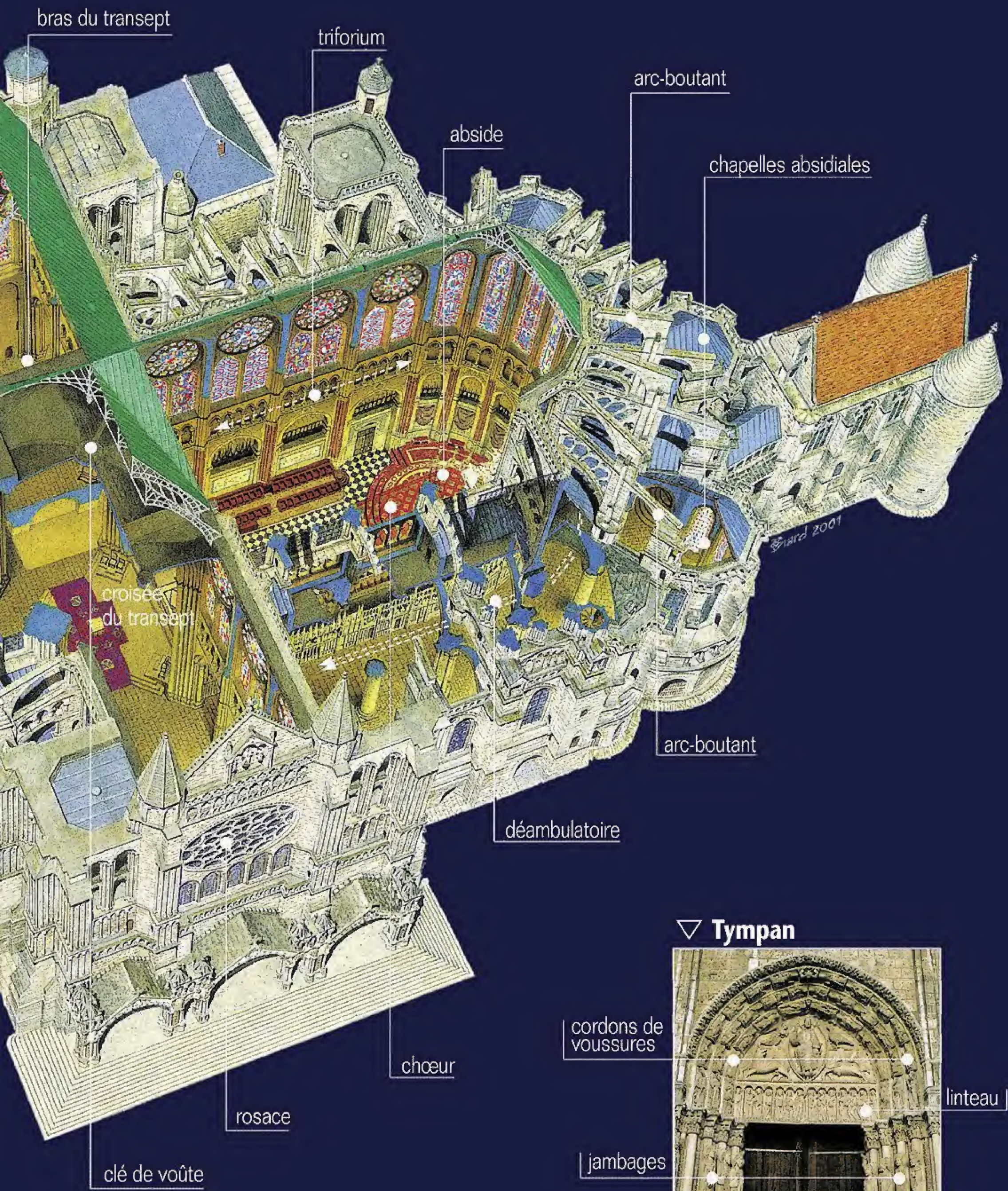
gargouille

portail

croisée
d'ogive

labyrinthe

culée



Contre les poussées

L'arc-boutant (ci-contre) reporte la poussée horizontale de la voûte vers un contrefort extérieur, ou culée, qui, en contrant cette pression, empêche les piliers de s'écarter.

glossaire

Arc-boutant :

arc en quart de cercle appuyé sur le mur de l'édifice au niveau de la voûte dont il reporte la charge sur la culée.

Doubleau :

arc perpendiculaire à l'axe de la nef et soutenant la voûte.

Formeret :

arc parallèle à l'axe de la nef.

Berceau :

la voûte en berceau romane a la forme d'un demi-cylindre arrondi ou brisé.

Cintre : échafaudage en arc de cercle destiné à poser la voûte.

Clé de voûte : pierre, parfois sculptée, située au sommet d'une voûte au croisement des **Croisée d'ogives** : principe essentiel de la voûte gothique.

Culée : masse sur laquelle repose l'arc-boutant.

Nervure : moulure d'une voûte gothique.

Tirant : pièce horizontale soumise à un effort de traction ou de compression.

les historiens. Beaucoup évoquent un savoir intuitif, « empirique ». Une démarche d'essais et d'erreurs ayant cumulé de multiples catastrophes pour produire, par un heureux hasard constructif, les quelques chefs-d'œuvre qui nous seraient parvenus.

Ce point de vue exaspère Jean-Louis Taupin, architecte en chef des Monuments historiques, pour qui ces bâtisseurs possédaient sans nul doute un profond savoir dont nous aurions, depuis, perdu la clé. « *On sème la panique aujourd'hui quand on affirme qu'il y a pu y avoir des compétences très efficaces chez des gens qui avaient quotidiennement les pieds dans la poussière des chantiers* », s'empare l'architecte, las de constater « *une réticence des historiens à sauter dans l'eau froide de la mécanique* ». Car si les textes manquent pour construire une démonstration, sa conviction n'en est pas moins solidement établie : on ne se lance pas dans un projet aussi audacieux que la construction d'une cathédrale gothique sans des principes, des règles, un système déductif solide. Un savoir certes peu mathématisé, au sens moderne du terme. Sans la formulation vectorielle de forces. Mais ces bâtisseurs n'en auraient pas moins eu la notion de ce qu'étaient des sollicitations, des efforts, ou un équilibre de forces.

Anne Coste, directrice de l'École d'architecture de Saint-Etienne, partage cet avis : « *Il y a, dans l'architecture gothique, un raisonnement, une conception intelligente. C'est un vrai projet, d'une précision diabolique. C'est tout sauf improvisé* ». Ce fut, en tous les cas, d'une redoutable efficacité, puisque ces édifices ont, pour beaucoup, traversé les siècles sans s'écrouler.

Le problème que ces bâtisseurs ont dû résoudre

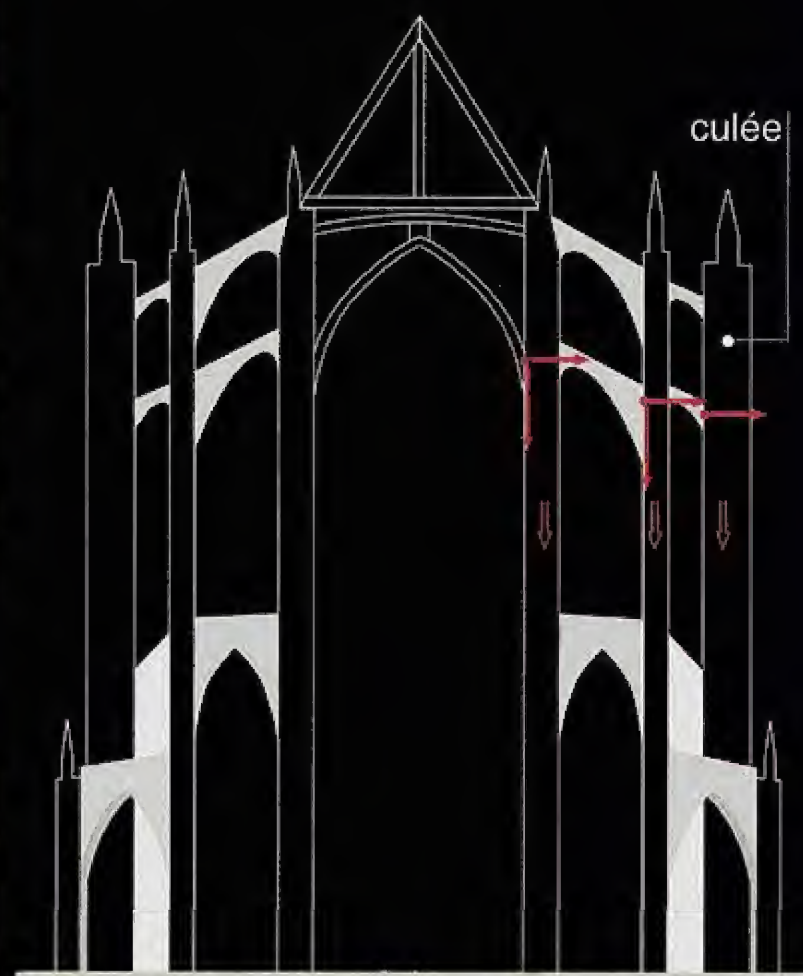
Le gothique, « un vrai projet d'une précision diabolique... »

s'exprime en des termes assez simples : dans une cathédrale, comme dans tout monument, la voûte crée sur son support – en plus de la composante verticale de son poids – une poussée horizontale qu'il est nécessaire de contrebuter.

Comment ? Les bâtisseurs romans, jusqu'au XI^e siècle, avaient choisi la simplicité. Leur voûte en berceau – ou demi-cylindre – repose sur des murs imposants, percés de maigres fenêtres. Des murs assez épais pour encaisser, sans s'effondrer, la poussée horizontale de la voûte. Résultat : des monuments sobres, trapus et obscurs.

L'architecture gothique (d'abord appelée *opus francigenum* – « à la manière franque »), qui se développe en Île-de-France, au XII^e siècle, avec l'église de Saint-Denis, explore une voie diamétralement opposée, qui trouvera son apogée au XIII^e siècle. « *Pour simplifier, on passe d'une logique de résistance par la masse à une logique de résistance par l'équilibre des forces* », résume Anne Coste. Les murs s'amincissent, ne conservant que ce qui est nécessaire à l'équilibre des forces, jusqu'à devenir de simples piliers, des points d'appui entre lesquels la lumière envahit l'édifice. Allégés, les monuments peuvent alors s'élever à des hauteurs vertigineuses, portant jusqu'à 30, 40, voire 50 mètres la voûte dont on fera plus tard le symbole de cette architecture nouvelle : la « croisée d'ogives ».

Car la voûte romane, en berceau, a un inconvénient : lorsqu'on l'amincit pour réduire ses poussées, elle devient très vulnérable à la flexion. Mieux vaut ne pas appuyer trop fort dessus. Beaucoup d'ailleurs se sont déformées, voire écroulées, au cours des siècles. « *Si les poules poussaient des œufs cylindriques, ironise Jean-Louis Taupin, très peu arriveraient à terme* ». La moindre pression les



briserait. De fait, si l'œuf résiste aussi bien malgré une mince coquille, c'est grâce à sa géométrie singulière qui répartit les efforts et minimise les déformations. Une géométrie dont s'inspireront les bâtisseurs gothiques pour concevoir une voûte aux formes complexes, construite à partir d'arcs diagonaux qui se croisent à leur sommet pour retomber sur les piliers d'angles. Entre ces arcs, la paroi se bombera de plus en plus, prenant une forme ovoïde afin de résister au mieux aux différentes sollicitations mécaniques.

Cette voûte est elle-même encadrée par une série d'arcs : les arcs doubleaux, lancés perpendiculairement à l'axe de la nef, et les arcs formerets parallèles à cet axe. Une géométrie singulière dessinée par une série de nervures qui sillonnent l'espace comme autant de lignes directrices.

Les innovations du gothique

Mécaniquement plus stable que sa grande sœur romane, la voûte gothique, dont la portée s'étend dans le cas de la cathédrale de Chartres jusqu'à 15 mètres, n'en continue pas moins de pousser à l'horizontale, tendant à écarter les frêles piliers sur lesquels elle repose. Là encore, le gothique innove, mais tout en restant fidèle à sa logique. Les contreforts massifs, adossés aux murs des chapelles romanes, sont remplacés par des contre-poussées ponctuelles, au moyen par exemple d'arcs-boutants qui rejettent cette poussée vers des appuis – ou culées – extérieurs.

« L'adoption de l'arc-boutant n'entraîne rien moins qu'une transformation complète du vieux système d'équilibre, explique, au XIX^e siècle, l'ingénieur Auguste Choisy des Ponts et Chaussées. Désormais l'effort d'une voûte est méthodiquement décomposé en actions horizontales ou poussées, et charges verticales ou pesanteurs. Aux poussées, on oppose les arcs-boutants et les culées ; aux pesanteurs, les piles : une division de fonctions jusque-là inconnue s'introduit dans l'architecture. Les piles, dont le rôle a cessé de se compliquer de toute considération de butée, peuvent se réduire à des supports d'une légèreté inouïe, l'espace intérieur des édifices se trouve dégagé des épais massifs qui l'encombraient (...). »

Ce nouvel art de construire raisonne en termes d'ossature, de squelette dont la logique dissocie les différentes fonctions du mur. Et où chacun des éléments semble jouer un rôle tout autant pratique que symbolique : « canaliser » les contraintes, depuis la voûte vers le sol et les culées extérieures. Notamment au moyen des nervures, dont le statut est ambivalent. Portent-elles véritablement la voûte ? S'agit-il d'un simple renfort ? Ou n'ont-elles finalement qu'un rôle esthétique ? Les sciences de l'ingénieur apportent aujourd'hui de nouveaux éléments de réponse. Ainsi, à partir d'une modélisation informatique utilisant la méthode « des éléments finis », Anne Coste a étudié entre 1989



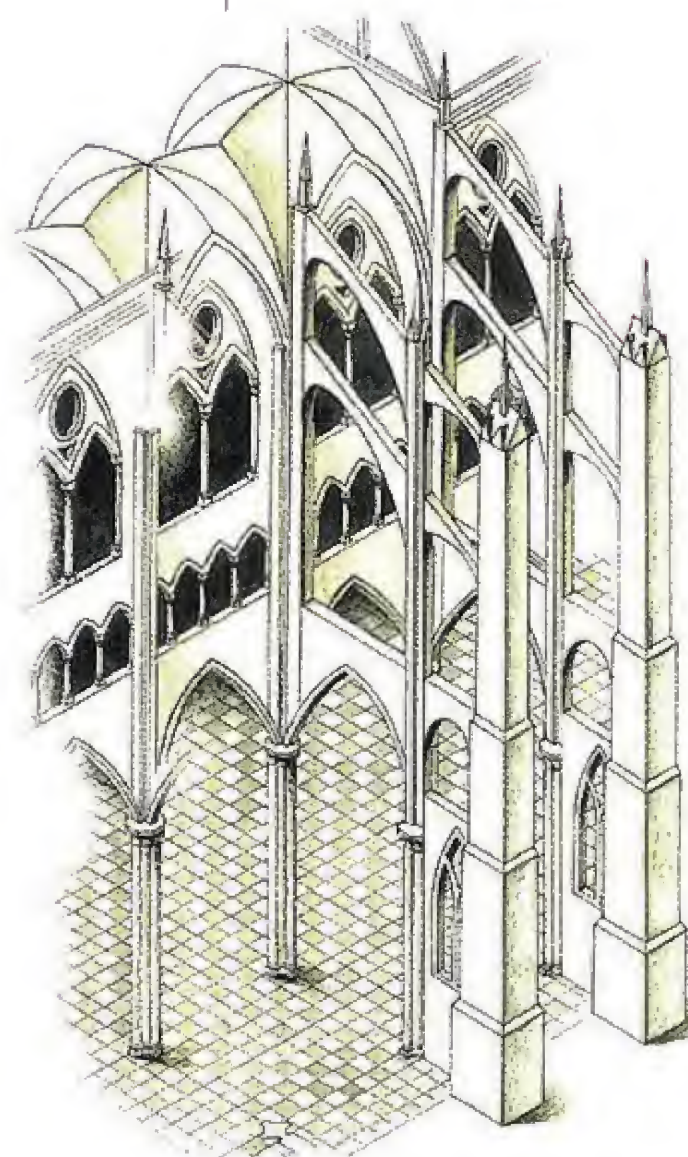
et 1994 le rôle de ces nervures en collaboration avec l'École nationale supérieure d'hydraulique et de mécanique de Grenoble. L'idée était de comparer le comportement modélisé d'une travée du chœur de la cathédrale Saint-Étienne d'Auxerre avec ou sans les nervures croisées.

Réponse de l'ordinateur : dans ce cas précis, les nervures ne seraient pas indispensables à la stabilité de la voûte. Elles accentueraient même, au contraire, la sensibilité de la région du formeret et affaibliraient la clé de voûte. Pour Anne Coste, il faudrait par conséquent plutôt voir en elles des artifices servant à structurer l'espace, matérialisant les lignes d'une hypothétique descente de charges. Bref, elles satisferaient davantage l'apparence que la réalité. À moins qu'elles n'aient servi de coffrage pour faciliter la construction de la voûte. Peut-être comprendrait-on mieux, alors, comment les « maçons » des XII^e et XIII^e siècles ont réussi de tels assemblages à plusieurs dizaines de mètres de hauteur.

L'explication la plus simple consiste à imaginer des énormes coffrages de bois disposés d'un pilier à l'autre. Des coffrages permettant d'abord de construire les nervures, puis l'ensemble de la voûte. Une théorie séduisante, qui laisse pourtant Jean-Louis Taupin sceptique. « Dans le cas de la coupole de Florence, où trouver la montagne de bois, s'interroge l'architecte, et où l'appuyer quand on est à 50 mètres de haut ? On ne trouve pas beaucoup de traces d'un

Outil symbolique ?

Les nervures servent-elles à la stabilité de la voûte ? En fait, leur rôle semble être plus symbolique que mécanique. À moins qu'elles n'aient servi de coffrage permanent.



appui possible. » Mais son objection majeure est ailleurs : construire une voûte à partir d'un cintre, que l'on retire une fois l'ouvrage terminé, serait d'une grande maladresse. « *Entre le moment où la voûte est sur le cintre et celui où on retire ce cintre, il y a une rupture violente de statut mécanique. On a des tonnes qui viennent brusquement sur les supports définitifs de l'édifice. Qu'est-ce qui va se passer sur ces supports ?* » demande Jean-Louis Taupin, qui préfère l'idée d'une construction sans aucun soutien. Au-dessus du vide, donc. « *La structure s'ajuste alors progressivement, continuellement. Si elle a des comptes à régler avec elle-même, elle le fait le plus tôt possible, au moment où elle est encore un peu malléable, puisque les mortiers prennent lentement.* » Plus qu'une structure matérielle, il s'agirait donc de construire avant tout un champ de contraintes.

Comment ? Une astuce consiste à construire rangée par rangée. « *S'il me faut un peu d'aide pour construire une première rangée, mais si je peux retirer cette aide une fois la rangée achevée, j'ai ce jeu de capitalisation de contraintes qui se fait* », explique Jean-Louis Taupin, qui défend une vision

un péché contre la logique gothique, qui voulait qu'une cathédrale soit entièrement réalisée en pierre. « *Les architectes s'appuyaient sur le fait que ces tirants étaient distendus. La logique était : puisqu'ils sont distendus, ils ne servent à rien, et on va donc les enlever car ils nuisent à l'esthétique* », explique aujourd'hui Anne Coste. La cathédrale n'aura pas mis longtemps à réagir.

À peine quelques années plus tard, alors que la moitié des tirants ont déjà été retirés, des vents en rafales vont malmener l'édifice. Et les ouvriers qui travaillent en haut de l'église ont la désagréable surprise de voir les grands pylônes, privés des

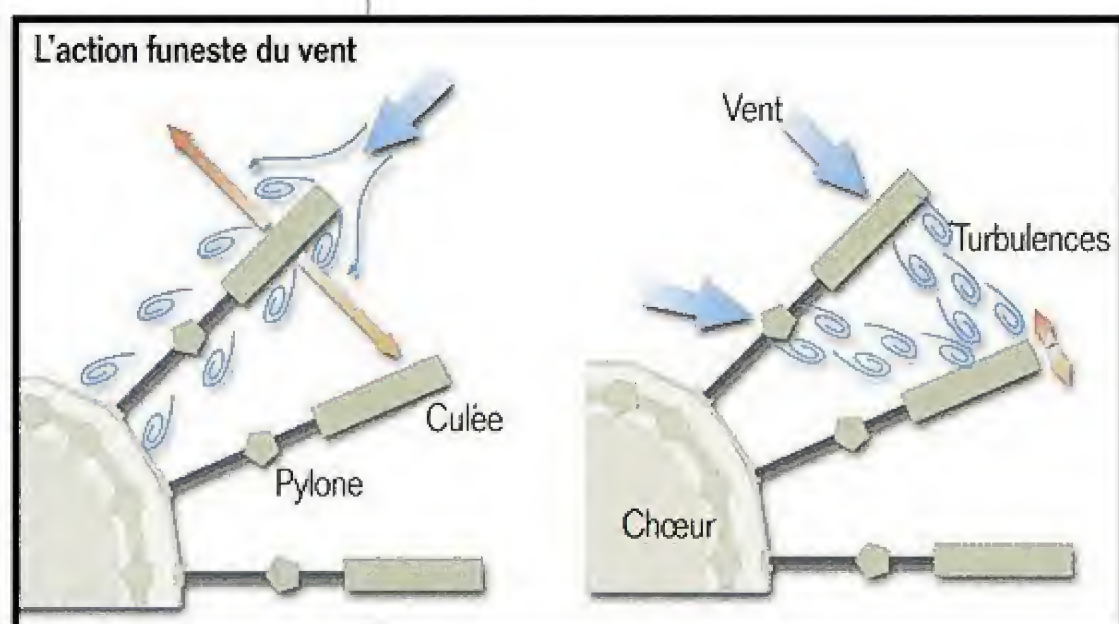
Les cathédrales ne cessent de bouger depuis leur construction

tirants, se mettre à osciller de plusieurs centimètres. Vent de panique chez ces artisans qui en ont pourtant vu bien d'autres.

L'analyse menée en 1993 par le bureau d'études G. Lamboley et l'École nationale supérieure d'hydraulique et de mécanique de Grenoble permettra d'expliquer le phénomène : les écoulements d'air entre les culées créent des turbulences qui entrent en résonance avec la fréquence d'oscillation de la culée et accentuent dangereusement son mouvement. Chargé de réaliser un audit, Jean-Louis Taupin soupçonne ces tirants distendus de former un ingénieux système d'amortisseurs conçu, peut-être, dès le XIII^e siècle en réponse à l'écroulement du chœur.

Quoi qu'il en soit, de nouveaux tirants – beaucoup plus épais et disposés plus bas – finiront par être réinstallés. Mais disponibles à la fois en traction et en compression, ils bloquent désormais l'ensemble du chœur dans une structure rigide. « *À mon avis, c'était une erreur. Sur une structure romane, la façon de réagir au vent c'est par la masse, l'inertie. Alors que dans le gothique, c'est plutôt par une certaine souplesse limitée dans les déformations possibles* », estime Anne Coste, qui préférerait des tirants distendus.

Jean-Louis Taupin, pour sa part, ne décolère pas et combat avec obstination le « dogme de la cathédrale rigide ». Car l'architecte en est convaincu : comme tous les édifices anciens, les cathédrales ne cessent de bouger et de se transformer depuis l'époque de leur construction. Charpentes, maçonneries et sols se remodelent avec le temps, restituant ou dispersant de l'énergie, par des déformations, des tassements ou encore des vibrations, et évoluant ainsi vers des états plus ou moins stables. Pourquoi, interroge-t-il, leur refuser aujourd'hui cette possibilité de mouvement ? Le jeu subtil des bâtisseurs gothiques avec les forces mécaniques se doublerait-il d'un dialogue plus complexe avec le temps ? En tout cas, ces édifices hors de nos normes n'ont pas fini de livrer leurs secrets. ■




Dangereuses oscillations

Le vent, lorsqu'il heurte les structures verticales, crée des turbulences périodiques qui peuvent entrer en résonance avec la fréquence d'oscillation des culées, entraînant, comme à Beauvais, un risque d'effondrement.

dynamique de l'architecture gothique, dans laquelle la cathédrale est en constante évolution, passant d'un état d'équilibre à un autre sous le jeu des forces qu'elle subit et auxquelles elle s'adapte.

Une vision qui trouverait toute sa pertinence dans le cas de la cathédrale de Beauvais. L'histoire de cette cathédrale, la plus haute de France (48 mètres au niveau de la clé de voûte), est jalonnée d'une série d'accidents : commencé en 1225, le monument vit s'effondrer en 1284 une partie de son chœur, puis en 1573, la tour et sa flèche, construites sur la croisée du nouveau transept. La nef, elle, ne fut jamais construite.

À partir des années 1960, des campagnes de restauration enlèvent à cette cathédrale des tirants de fer qui reliaient les différentes culées, qui ceinturaient l'ensemble du chœur. La présence de ces tirants métalliques est alors interprétée comme



Bascule pisane

Les fondations, très superficielles, sont le talon d'Achille des cathédrales. Érigée sur un sol instable, la tour de Pise a commencé à s'affaisser dès les premières années de sa construction.

Des colosses aux pieds d'argile

La gravité finira-t-elle par avoir raison d'elle ? Rouverte au public en décembre dernier, après plus de onze ans de travaux de consolidation, la tour de Pise ne cesse depuis des siècles de défier les lois de l'équilibre. Et ce, dès sa construction, qui débute en août 1173. Cinq ans plus tard, en 1178, alors que le 3^e étage est à peine construit, les architectes constatent déjà des premiers signes d'affaissement : la tour s'incline dangereusement vers l'est. Depuis, son penchant pour le sol n'a fait que se renforcer, l'édifice se tournant un moment vers le nord, avant d'opter finalement pour le sud, vers lequel elle fait désormais un angle d'environ 5°. La raison de cet étrange manège ? Le sol. Pise, ancien port romain, est au centre d'une plaine alluviale. La ville repose sur un millefeuille de limon, d'argiles et de sable, gorgé d'eau, dans lequel la tour s'enfonce de plusieurs millimètres chaque année. La partie dure et stable du sol ne se

trouve, elle, qu'à 45 mètres de profondeur. De savantes fondations auraient pu, peut-être, donner à cette tour un destin plus ordinaire. Quoique les tours, qui s'inclinent à peine construites, sont loin de constituer, à l'époque des cathédrales gothiques, de notables exceptions. Nombreux sont les clochers qui, à l'instar de celui de Saint-Martin d'Étampes en région parisienne, ont pris une vague forme de banane pour retrouver la verticale. « Il y avait une connaissance des sols sans doute intuitive, expérimentale, mais néanmoins très limitée, ne peut que constater Anne Coste, qui dirige l'École d'architecture de Saint-Étienne. Les édifices gothiques étaient souvent reconstruits sur d'anciens édifices romains, voire plus anciens encore. Ils utilisaient en partie les mêmes fondations, ou plutôt la même absence de fondation. » Drainages et ruissellements non maîtrisés, sols hétérogènes : les dangers sont multiples pour des monuments qui ne reposent, au

mieux, que sur une fine semelle de maçonnerie. Résultat : au-delà de dix à vingt mètres, certains édifices ont déjà commencé à chavirer. « Pourtant, on a continué la construction, en redressant. C'est donc qu'on avait confiance », estime Jean-Louis Taupin, architecte en chef des Monuments historiques. La conviction semblait forte que le sol allait bien finir par se tasser sous le poids du monument, chassant l'eau en excédent, resserrant les grains et les agrégats pour constituer une plate-forme enfin solide. Certaines cathédrales attestent pourtant d'un savoir émergeant. Celle de Cologne, par exemple, a vu les fondations de ses piliers évoluer entre la moitié sud, construite au XIV^e siècle et la moitié nord entamée un siècle plus tard. Côté sud, chaque pilier se prolonge sous terre par une forme à mi-chemin entre le rond et le carré. Alors que, côté nord, la partie souterraine se transforme en losange. « Cela signifie qu'entre les deux on a compris quelque chose de la statique, sou-

ligne Jean-Louis Taupin, qui reprend la thèse formulée par les archéologues de cette cathédrale. On a compris la tendance du cheminement d'une ligne de contrainte : ce n'est pas parce qu'on a un cylindre massif qu'on va avoir un champ de contraintes cylindrique. » En effet, la voûte créant sur les piliers une poussée horizontale, les pressions ont tendance à se concentrer vers l'extérieur du pilier à mesure qu'on se rapproche du sol, créant une dissymétrie. Les fondations seront donc plus efficaces si on les oriente dans la direction de cette dissymétrie. D'où cette forme en losange, sous le sol, et non plus circulaire. Autre exemple : la cathédrale d'Amiens, dont les piliers s'évasent en pyramides d'une profondeur de 5 m, reliées par un réseau de maçonnerie. Preuve que l'« art de fonder » n'était pas totalement inconnu. Un art que les bâtisseurs vénitiens ont porté, par nécessité, à son apogée. Et dont les architectes de Pise auraient été avisés de s'inspirer. ■

Par Yves Boiret et
Michel Bancon

Beauvais

au-delà des normes ?

Les cathédrales gothiques semblent défier les lois de l'équilibre et pourraient même, pour certains, avoir « dépassé les normes ». Or, le terme « norme » n'apparaît qu'au XX^e siècle. Ne faudrait-il donc pas plutôt évoquer les règles de l'art ?

Lorsque l'on se penche sur un tel problème, la cathédrale Saint-Pierre de Beauvais peut être considérée comme l'exemple type des réflexions à mener. Pour les « cliniciens » de la construction, c'est une patiente intéressante. Les symptômes pathologiques qui la caractérisent sont permanents, évolutifs et, pour certains, irréversibles, donc préoccupants. Relèvent-ils d'un vice congénital ? Doit-on valablement et exclusivement les attribuer à une prétendue inobservance des règles de l'art ?

Durant huit siècles, la cathédrale de Beauvais a dressé ses structures savantes. Au milieu du XX^e siècle, elle a subi, comme son environnement immédiat, les bombardements de la Seconde Guerre mondiale : une dizaine de projectiles ont atteint le transept, au nord et au sud, créant une brèche de trois mètres dans les voûtes et les toitures du bas-côté sud du chœur, et pulvérisant les trois quarts des vitraux non déposés en 1939. La cathédrale, néanmoins, a résisté.

CI-CONTRE : P. M. R. MAEYERT - AKG PARIS / EN HAUT : J.-F. ROLLINGER



Depuis huit siècles, la très belle cathédrale Saint-Pierre de Beauvais, chef-d'œuvre de l'art gothique, a connu une histoire mouvementée de sa construction à aujourd'hui. De tous les facteurs incriminés, les tempêtes furent les plus dévastatrices.



On peut donc légitimement s'interroger sur les réels motifs d'une inquiétude fondée sur des symptômes et non des mythes. Si l'on veut dédouaner ses bâtisseurs, accusés d'avoir outrepassé les règles de prudence et de bon sens en haussant leur audacieuse entreprise jusqu'à « *l'hystérie sublime d'une verticalité qui ne se voulait pas de limite* »⁽¹⁾, ne faut-il pas se pencher sur les divers facteurs liés au sol, au climat, aux choix économiques et aux opportunités susceptibles d'avoir porté atteinte à sa capacité de durer ? Ne faut-il pas rappeler que, faute de vigilance, ces monuments insignes n'ont pas bénéficié de l'entretien régulier et pertinent propre à prévoir, dans l'organisation savante de leurs structures, leurs réactions face à un environnement en partie imprévisible et en constante évolution ?

Défaut de conception ?

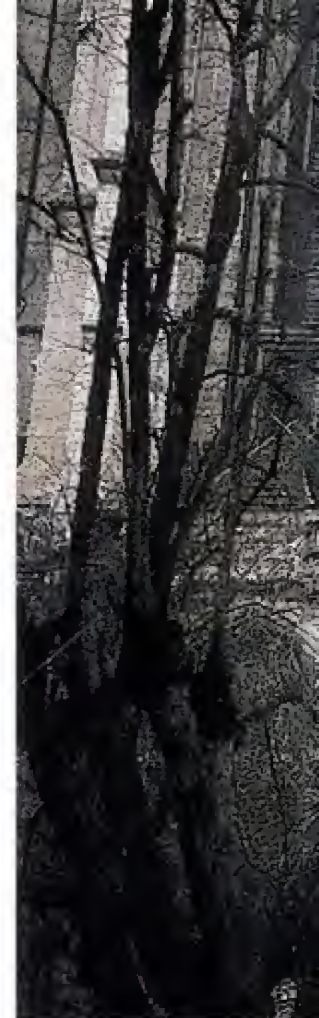
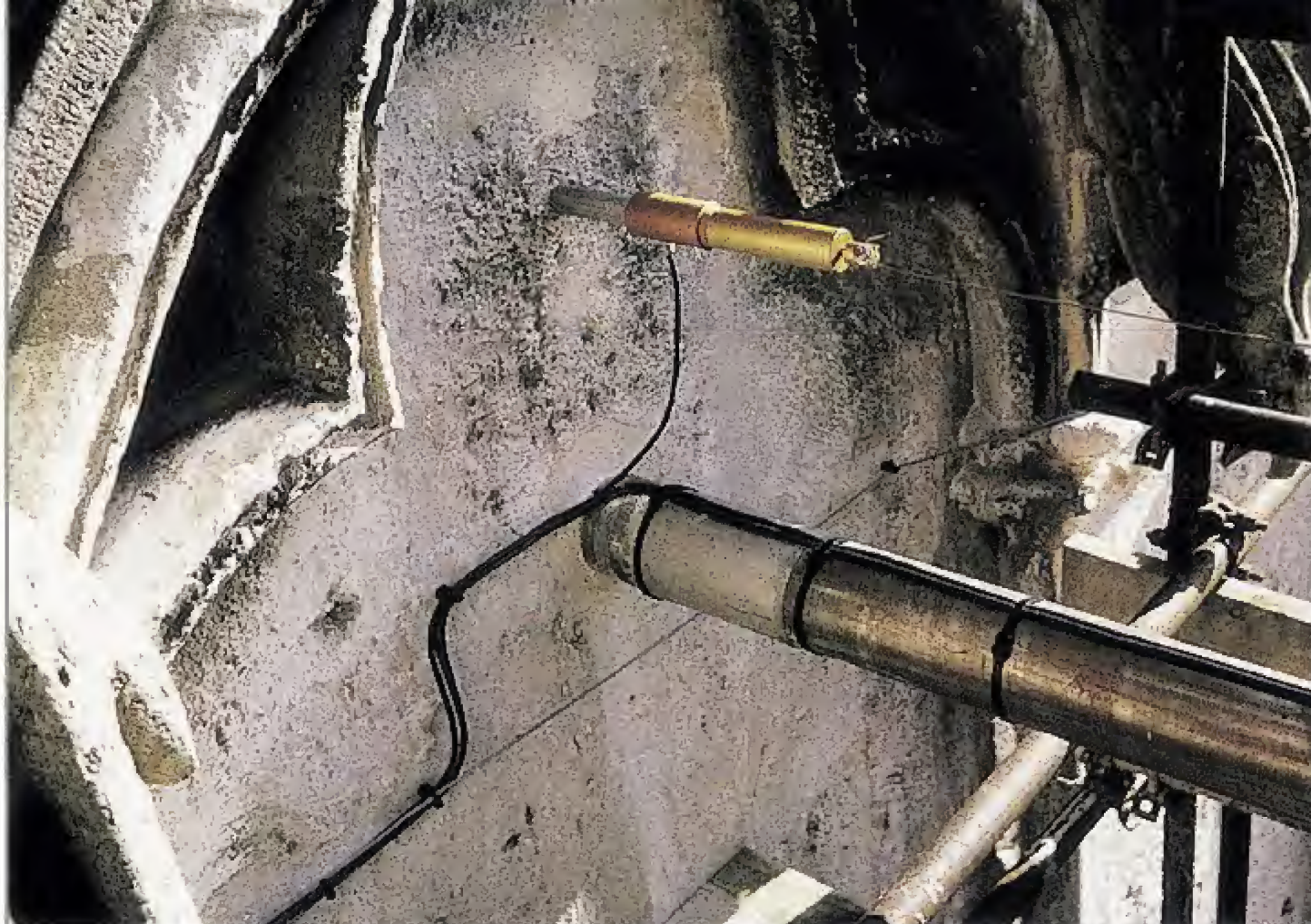
Toute mise en cause d'une éventuelle faiblesse de conception doit être précédée d'une analyse attentive des données constructives de ces sublimes prototypes, de leur histoire, de leur évolution et de leur comportement dans un environnement instable. Certes, cette ordonnance savante, jouant du stable et de l'aérien, peut faire regretter l'inachèvement de la cathédrale. Mais on y puise un précieux fonds de connaissances sur l'évolution de ses conditions d'édification et des conséquences qui en résultent.

L'absence de nef maintient ainsi présents les précieux vestiges que recèle le sol ; quant aux mesures successives, indispensables pour parer aux effets nocifs de son inachèvement, elles démontrent éloquemment l'âpre lutte qu'ont menée ses bâtisseurs, puis ses conservateurs, contre les circonstances et l'opportunité du moment, la défaillance des matériaux, compte tenu des attaques plus ou moins prévisibles des éléments naturels. →

1 – Marcel Brion, *La Cathédrale Gothique*, Fernand Nathan édit.

Test de comportement

Pour restaurer la solidarité entre les contreventements, une ceinture de barres d'acier a été réinstallée. Leur comportement a au préalable été testé *in situ*.



Les effets du temps

Au fil du temps, les anciennes barres métalliques ont, au niveau de leur scellement dans la pierre, entraîné une corrosion progressive, dont on voit les traces sur la photographie ci-dessus.

Le récit des malheurs

- **28 novembre 1284** : à peine construites, les voûtes des travées droites du chœur s'effondrent. Le chevet résiste. On stabilise alors les culées des contreforts en intercalant des piliers intermédiaires. Si le parti originel est conservé, le choc psychologique est, lui, vivement ressenti, et entraîne un pernicious ralentissement portant atteinte à la cohérence statique de l'édifice. La construction est interrompue au XIV^e siècle, qui se consacre essentiellement à la réparation des dommages causés par la guerre de Cent Ans.

- **Mai 1500** : soucieux de voir s'achever la construction de la cathédrale, l'évêque Villiers de l'Isle-Adam confie à Martin Chambiges l'édification du transept, dont les structures doivent contribuer partiellement à caler celles du chœur (1510-1537). Cependant, avant même de construire la nef, on décide, en 1566, de bâtir, sur les piliers de la croisée du transept, une tour-lanterne surmontée d'une flèche culminant à 153 mètres. Achievée en 1569, cette flèche s'écroule le 30 avril 1573, entraînant dans sa chute une partie de la toiture, de la voûte et des piliers du transept. Or, l'année précédente, des experts avaient déjà signalé un déversement sensible des piliers de la croisée ; un déversement consécutif, selon eux, à l'absence de leur contrebutement par des structures

indispensables vers l'ouest...

- **26 mai 1581** : sous l'effet d'un vent violent, de nombreux clochers de la région de Beauvais sont rasés. Un arc-boutant de l'église voisine, Saint-Étienne, tombe sur les voûtes et les perce. L'examen attentif des voûtes de la cathédrale révèle l'inscription des dates de réparations successives au cours des années 1574, 1575, 1577, 1578, engageant, à l'évidence, un budget relativement conséquent.

- **1605** : à l'ouest, on élève deux gros contreforts, destinés à contrebuter le transept – toute velléité de bâtir une nef semble donc condamnée ; vraisemblablement insuffisamment fondés, ils ont tendance à se déverser.

- **2 février 1700** : une tempête sectionne les gargouilles de l'église Saint-Étienne ; en 1702, l'ensemble du chœur est, cette fois-ci, dévasté par un ouragan.

- **4 mars 1912, décembre 1929, février 1933 et 1943** : des ouragans d'une exceptionnelle violence frappent la ville de Beauvais.

- **1969 – 1972** : une dégradation perceptible des doubleaux et des voûtes des croisillons nord et sud du transept nécessite de stabiliser le jeu abusif des claveaux, consécutif aux mouvements généraux ressentis dans les structures du transept, dont les parois ouest se déversent, faute d'être butées par une nef et des bas-côtés inexistants. Si le procédé mis en œuvre permet de



ralentir les déversements et déformations, ceux-ci se poursuivent néanmoins. Le mouvement différentiel des appuis nécessiterait en effet un remède efficace, mais, depuis de nombreuses années – fin de la Seconde Guerre mondiale –, des opérations de consolidation des maçonneries de contrebutement du chœur ne permettent pas la simultanéité des deux types d'interventions financièrement coûteuses, tant en recherche qu'en réalisation.

L'une des caractéristiques du chevet de cette cathédrale réside en effet dans la présence d'une ceinture de barres métalliques reliant entre elles les culées des

ces zones n'a entraîné aucun inconvénient. Toutefois, des analyses relatives à la force et la direction du vent ont démontré que si les maxima enregistrés avaient de faibles incidences dans les zones où la ceinture métallique a été supprimée, il en était autrement pour les réactions révélées dans les dispositifs de contrebutement exposés au vent de sud-ouest.

Pour preuve, **octobre 1982** : une profonde dépression, dirigeant sur la région de Beauvais un violent vent de sud-ouest, caractérisé par des rafales en saccades, provoque la rupture d'un arc-boutant restauré seulement

L'édifice a-t-il été conçu dans des conditions trop téméraires ?

contreforts. Si la date de mise en œuvre de ce dispositif reste inconnue, sa nécessité technique suggère toutefois qu'il a pris place au début de l'achèvement du chœur – sa présence est avérée au XVII^e siècle. Le scellement de ces barres métalliques dans la pierre ne s'est cependant pas fait sans dommages. Trop souples et donc jugées inefficaces, elles ont finalement été déposées lors des successives et nombreuses campagnes de restauration accomplies sur les contreforts, arcs-boutants et pinacles sculptés, situés au nord et à l'est du chœur : de fait, leur absence dans

quelques semaines auparavant.

En **février 1983**, un vent identique défonce le bardage clôturant, à l'ouest, le transept de la cathédrale. On organise alors une analyse méthodique de toutes les contraintes subies par le chevet de l'édifice. Grâce à des essais réalisés en soufflerie et sur des maquettes, les effets du vent sont particulièrement étudiés. Ils conduisent à l'adoption du rétablissement de la ceinture métallique : pour en préciser les modalités, une opération-test est effectuée *in situ*. Parallèlement, sont envisagées d'autres grandes études portant sur la persistan-

La menace des vents

Une ceinture de barres métalliques liaisonnait entre elles les culées des contreforts, ce qui permettait de répartir les unes sur les autres les poussées consécutives au vent, (ci-dessous). En 1983, un violent ouragan a toutefois brisé le bardage d'ardoise du pignon de la cathédrale (ci-contre, restauré).



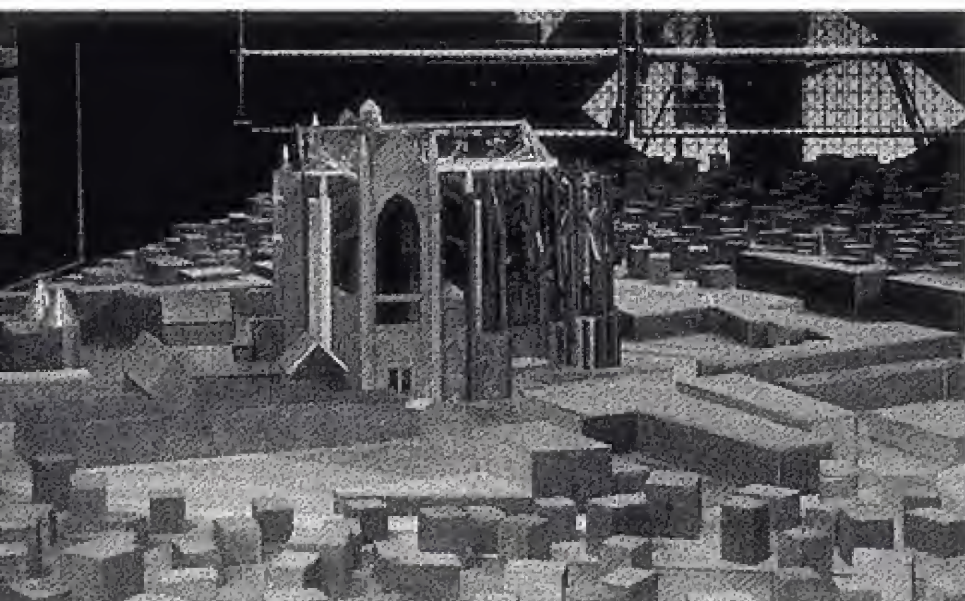
Glossaire

ce du déversement vers l'ouest et les causes des désordres généraux se manifestant sur les charpentes et les couvertures.

Pour ce faire, un comité scientifique de suivi des recherches se constitue. Dans les zones à risques, un dispositif d'étayement se met en place. Les faiblesses de l'édifice sont inventoriées : ses contrôles sont précisément énumérés pour définir et programmer la nature des opérations nécessaires. La tâche est immense. Et ce bilan de soins indispensables conduit alors à la question suivante : cette cathédrale a-t-elle été conçue dans des conditions anormalement téméraires ?

Force est de constater que les symptômes de déséquilibre persistent. Néanmoins, les remèdes, administrés de tout temps, ont permis de stabiliser, durant huit siècles, ce qui peut et doit être considéré comme un prototype. La pertinence de son parti constructif et de sa réalisation peut-elle alors être mise en doute ? Avant de l'affirmer, ne doit-on pas, d'abord, évoquer toutes les causes possibles des « mésaventures » de cette →

- **Culée** : massif de maçonnerie destiné à contenir la poussée d'un arc ou d'une voûte.
- **Contrefort** : pilier ou mur servant d'appui à un autre mur supportant une charge.
- **Déversement** : basculement de la structure de l'édifice.
- **Contrebutement** : soutien par un contrefort ou un pilier.
- **Doubleaux** : arcs d'une voûte perpendiculaires aux murs latéraux de l'édifice.
- **Croisillons** : parties nord et sud situées à la croisée du transept.
- **Claveaux** : pierre taillée en coin, utilisée dans la construction des linteaux, voûtes et corniches.
- **Pinacle** : pyramide ajourée et omée de fleurs ou de feuilles, servant de couronnement à un contrefort.
- **Bardage** : revêtement en bois recouvert d'ardoises.
- **Fines** : granulat constitué de tout petits éléments, utilisé comme charge de remplissage pour augmenter la compacité d'un sol.



La cathédrale en soufflerie

Les études menées sur une maquette de l'édifice tentent de mieux appréhender les atteintes des éléments naturels.

cathédrale, afin d'opposer au reproche traditionnel émis à son égard, celui de la démesure et d'une ambition excessive.

Considérons donc tous les facteurs susceptibles d'avoir entraîné ou provoqué – aujourd'hui encore – des agents destructeurs, dont les bâtisseurs de cette cathédrale inachevée ne peuvent être jugés responsables.

En 1284, les effondrements des voûtes auraient pu être fatals à l'édifice si des remèdes immédiats n'avaient garanti sa solidité, jusqu'à nos jours, en renforçant les structures mêmes. Des interruptions de chantier, un « planning » non maîtrisé, des renforcements apportés au gré

des nécessités ont créé une profonde rupture dans la cohérence même de la conception, qui ne peut être imputée aux bâtisseurs.

Des étapes successives, conduites sous la direction de différents maîtres d'œuvre – compte tenu de la durée même des chantiers – ont nécessairement porté atteinte à la logique d'une rigueur conceptuelle initiale qui n'a donc pu trouver son plein épanouissement, pourtant nécessaire à la réalisation d'un projet aussi ambitieux.

Qu'en est-il des agents extérieurs ? Le vent, nous l'avons vu, surgit du sud-ouest sur le plateau et fonce sur cet obstacle haut de soixante-dix mètres, en y provoquant des pressions considérables, perpendiculaires

aux parois, et des contraintes différentielles, dont on découvre, aujourd'hui, que les effets devaient être répartis d'une travée sur l'autre lorsque la ceinture métallique était encore en place...

Autre action pernicieuse, et non prévisible encore, celle du sol hétérogène constitué d'alluvions anciennes, au milieu desquelles subsistent des vestiges archéologiques importants, et une part de la cathédrale carolingienne, encore totalement exploitable : la Basse-Cœuvre. La capacité de portance de ces couches du terrain, dont on se demande, aujourd'hui, si elle est à une limite suffisante, compte tenu de l'évolution des niveaux de la nappe phréatique, d'une fuite possible des fines contribuant au tassement des sols, à l'urbanisation et aux effets d'un pompage industriel possible. Enfin, d'aucuns ont mis en cause la solidité et la résistance de la craie, dont les essais en laboratoire semblent pourtant démontrer la capacité à satisfaire aux contraintes imposées...

Des facteurs pernicieux

Au final, il semble donc que l'on ne puisse reprocher aux bâtisseurs des erreurs de conception ou de non-respect des règles de l'art. La cathédrale de Beauvais souffre en fait de l'accumulation de facteurs pernicieux qui se sont manifestés au cours des temps. Certes, l'un d'eux pose encore un problème délicat à résoudre : du fait de son inachèvement vers l'ouest, l'édifice souffre de l'instabilité de ses structures.

Faut-il regretter cet inachèvement ? Oui, si notre temps ne sait trouver ou ne se donne pas les moyens financiers et techniques de surmonter les obstacles lentement destructeurs d'un édifice caractéristique de l'ambition gothique, décrit, à tort, comme un échec. Non, si l'on considère que cet état d'inachèvement nous permet d'accéder à un fonds documentaire exceptionnel dont on devrait savoir tirer parti.

Les campagnes de fouilles remarquables⁽²⁾ menées aujourd'hui

d'hui nous permettent en effet de connaître et comprendre un site et un ensemble cathédral dans lesquels s'imbriquent les témoins concrets des époques passées : gallo-romaine, carolingienne, XIII^e au XVI^e siècle, et contemporaine. La triste interruption de 1605 nous a en fait épargné la disparition de la plus grande partie des témoignages de ces époques. Au-dessus de la Basse-Cœuvre, la coupure visible de la cathédrale inachevée témoigne encore de cette conception présomptueuse du XIII^e siècle.

Grâce aux recherches et aux techniques de notre temps, on peut imaginer qu'il soit possible, dans une même action, de sauver cette cathédrale et de lui adjoindre d'autres éléments. Pour cela, il faudrait concevoir un contrebutement, vers l'ouest, des structures qui se déversent, et y laisser apparaître, dans une présentation respectueuse, tous les vestiges archéologiques sous-jacents ou encore existants au pied même de l'ambitieuse création gothique.

Ainsi se trouveraient réunis, par le souvenir et l'usage, la cathédrale carolingienne, nef première – Basse-Cœuvre – donnant accès, en superposition symbolique, au chœur primitif de la crypte archéologique surmontée du chœur gothique ; en contiguïté, le cloître et les bâtiments annexes réhabilités permettraient aux visiteurs de percevoir la longue évolution architecturale et religieuse déroulant en un même lieu les réalisations conçues à travers les siècles.

La cathédrale de Beauvais ne serait alors plus considérée comme l'échec d'un défi trop ambitieux. Cessant d'être l'objet de risques redoutés, elle se révélerait être un hommage au talent de ses bâtisseurs gothiques, mais aussi aux efforts menés contre les atteintes des éléments naturels dorénavant maîtrisés. Notre temps pourrait s'honorer d'y être parvenu. ■

2 – Conduites par M. Emile Chamii.

» Carnets de chantier

D'abord, la pierre qu'il faut extraire des carrières, transporter, assembler selon des règles de proportion, tailler, sculpter... Puis, le bois, appelé à recevoir la couverture de l'édifice ; enfin, le verre destiné à y faire pénétrer la lumière divine. Le tout, malgré des contraintes d'organisation et de financement, donnera naissance à une « ville sainte » au cœur même de la cité médiévale.

Des responsables

de la construction –
fondateur, évêque,
maître d'œuvre – aux
tailleurs de pierre et
maçons, en passant
par les instruments de
levage, tous les
acteurs sont présents
sur ce chantier.

34> Les pierres

38> Les géomètres

48 > Le levage

52 > Les enduits

56 > Le fer

60 > Les charpentes

64> Le verre

68 > Les outils



Les pierres font carrières

Par Alice Rolland

Il y a 70 millions d'années, la formation des Alpes entraînait un plissement du Bassin parisien. En trente millions d'années, allait apparaître, au-dessus du niveau de la Seine, le calcaire grossier du Lutétien. Sans ce phénomène, les chantiers médiévaux parisiens et provinciaux n'auraient pas vu le jour.

Au tournant des XII^e et XIII^e siècles, les réserves des carrières à ciel ouvert s'épuisant,

les carriers creusent un réseau de galeries, jalonnées de piliers tournés, pour poursuivre l'extraction en ateliers souterrains.

Les premières exploitations des carrières parisiennes, qui couvrent les domaines du faubourg Saint-Jacques, Val-de-Grâce, Quartier latin, et s'étendent jusqu'à Charenton et Conflans-Sainte-Honorine, datent du XII^e siècle. Entre 7 et 10 mètres d'épaisseur, se succèdent différents bancs de calcaire, utilisés, selon leur qualité, comme pierres d'appareil – cliquant ou lambourdes –, pour les soubassements des édifices – banc de roches –, ou

pour la sculpture et les éléments architecturaux – liais.

Lorsque débute le chantier de la cathédrale Notre-Dame (1163), les carrières de la vallée de la Bièvre, où le calcaire affleure à mi-pente, sont installées à ciel ouvert. Mais au tournant des XII^e et XIII^e siècles, ces réserves, directement accessibles, s'épuisent. À cela, deux raisons : d'une part, l'extraordinaire développement de Paris, auquel œuvre le roi Philippe-Auguste ; d'autre part, la très forte demande des diverses autorités provinciales, qui, dans le sillage de leurs homologues parisiennes, se lancent, elles aussi, dans de vastes opérations de construction ou de restauration – Chartres, Beauvais, Provins, Étampes.

Satisfaire ces besoins va alors contraindre les carriers à poursuivre l'extraction en ateliers souterrains. À flanc de coteau, ils aménagent donc des bouches de cavage les menant directement à des réseaux de galeries souterraines, jalonnées de piliers tournés soutenant le ciel de →



À GAUCHE : MARC VIRE / À DROITE : BRIDGEMAN ART LIBRARY - BNP

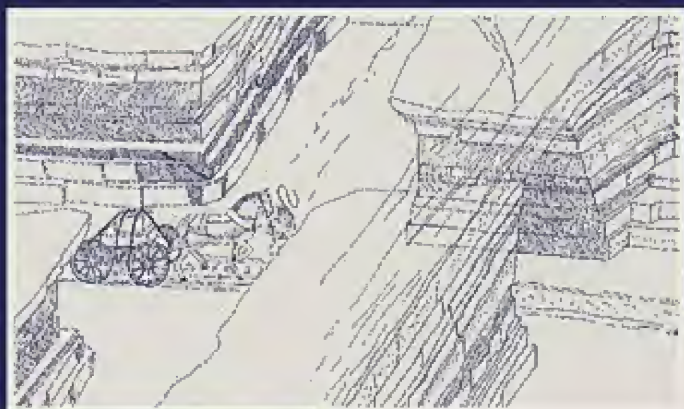




**Transport
outr-Manche**

Les pierres françaises
s'exportent jusqu'en
Angleterre.

La cathédrale de
Canterbury a ainsi été
édifiée avec des
pierres blanches de
Caen, mises aux
dimensions avant
même leur
embarquement.



Empruntant des voies de roulage dont la faible hauteur les contraint parfois à courber l'échine, les chevaux arpentent difficilement le réseau de galeries souterraines.

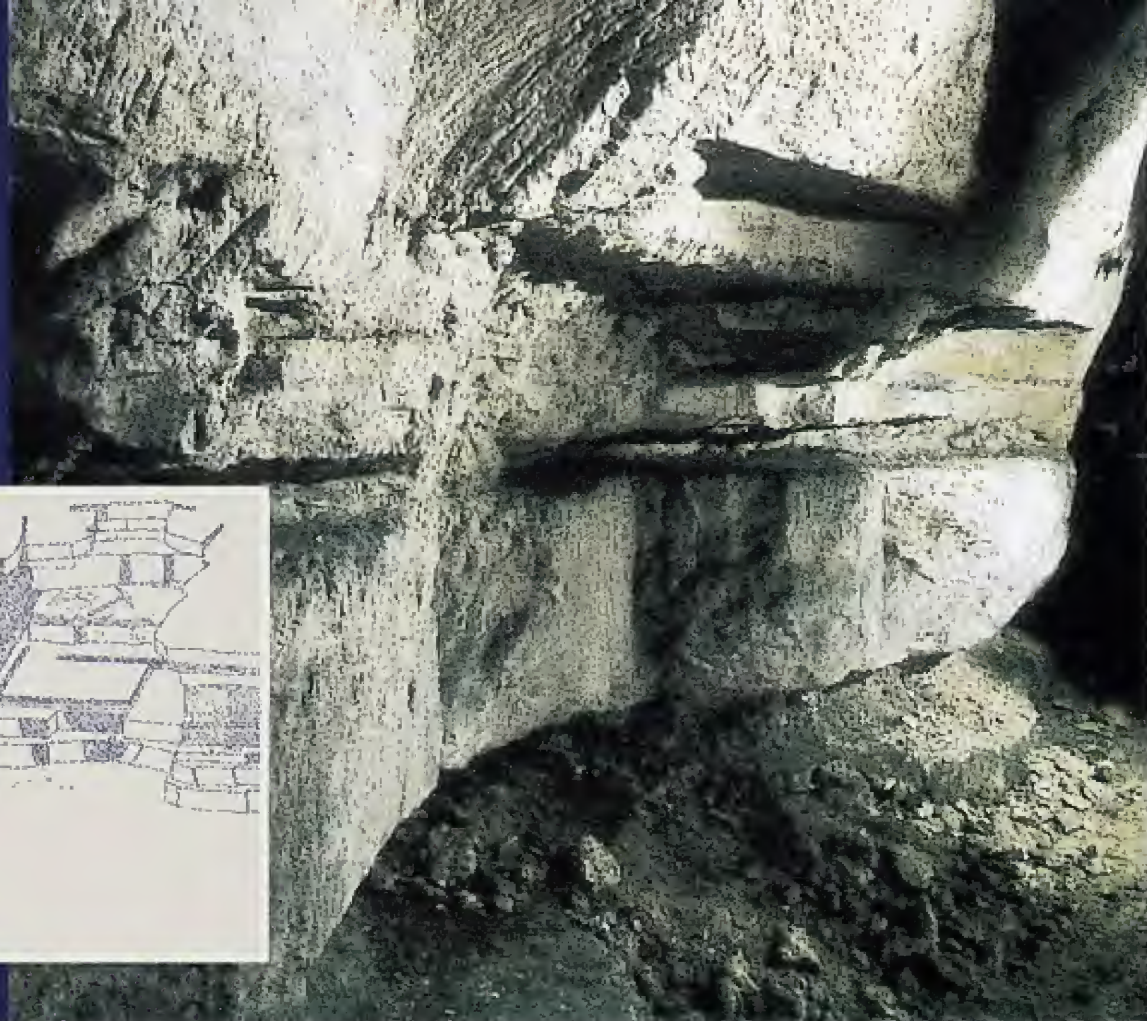
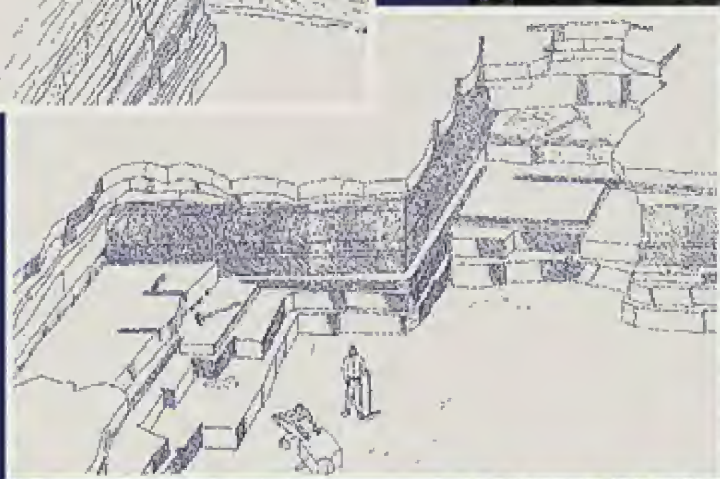


PHOTO ET ILLUSTRATIONS MARC VIRE

→ carrière ⁽¹⁾. Si les conditions s'en trouvent dégradées – positions inconfortables, humidité et poussières entraînant des problèmes respiratoires et oculaires – le travail des carriers et tailleurs demeure, lui, identique.

L'abattage d'un bloc se déroule en trois phases : il est d'abord soulevé, c'est-à-dire, séparé du banc sur lequel il repose ; puis défermé – délimité – par des tranchées verticales creusées sur ses côtés ; enfin, abattu grâce à des coins de fer placés sur le dessus du banc et sur lequel le carrier frappe à l'aide d'une masse. Une fois détaché du banc, il est « conduit » par deux hommes, qui le déplacent en le faisant riper et pivoter sur des barres de fer. Dans l'atelier souterrain, le carrier exécute la première taille du bloc, qui est ainsi mis aux dimensions requises

1 – Constitué par le banc de roches supérieur.

par le constructeur. La pierre est ensuite déposée sur une civière, puis hissée sur un chariot. Tiré par un ou deux chevaux, celui-ci emprunte alors les « voies de roulage » vers la sortie. Dans certaines carrières souterraines, la hauteur de ces voies ne dépasse pas deux mètres. Il n'est donc pas rare que les chevaux doivent courber l'échine.

Pour les blocs extraits des carrières de la rive gauche de la Seine – sous le Val-de-Grâce par

1,5 mètre de large. Pour rejoindre le Grand Degré, au pied du « terrain » de la cathédrale, le bachelier parcourt le canal en halant sa barge au moyen d'une corde qu'il fait passer d'anneau en anneau. Parvenus au chantier, les blocs sont remis aux différents corps de métier œuvrant sur place – tailleurs, maçons, appareilleurs et sculpteurs. La plupart du temps, les déchets résultant de leurs travaux sont utilisés comme remblais.

Conduit par deux hommes, le bloc ripe et pivote sur des barres de fer

exemple – et destinés au chantier de Notre-Dame, il semble que le charretier conduise son attelage jusqu'à l'étroit canal de Bièvre. Déchargées du chariot, les pierres sont alors embarquées sur de petites barges d'environ 2 à 3 mètres de long sur

Les pierres provenant des carrières de Charenton ou Conflans-Sainte-Honorine sont, elles aussi, acheminées par chariots depuis le front de taille jusqu'aux rives de la Marne et de l'Oise. Elles sont chargées sur les bateaux à l'aide d'instruments de levage.

Et avant

Achevée à la fin du XII^e siècle, la cathédrale Notre-Dame remplace une basilique mérovingienne du même nom. La nef de l'ancien édifice, préservée pour les besoins du culte, a été démolie progressivement. Le chantier du nouveau vaisseau, ou plus exactement, les deux chantiers (nord et sud) qui ont œuvré sur le site,

se sont donc organisés à partir des extrémités de la nef. Ce n'est que lors de la construction de la charpente qu'ils se sont rejoints. Vers 1220-1230, la disposition de la cathédrale se modifie. Les édifices religieux n'échappant pas aux phénomènes de mode, la structure de Notre-Dame laisse plus de place à des

éléments verticaux, moins ramassés. Dans ce contexte, d'autres matériaux apparaissent. Les pierres répondent désormais à deux critères essentiels : rigidité et résistance à l'écrasement. Montées en délit, les colonnes de blocs de liais des nouvelles chapelles latérales peuvent ainsi atteindre 4,10 mètres de haut. De part et

d'autre de la nef, les transepts s'allongent, les ouvertures s'agrandissent, laissant pénétrer une lumière, symbole de la présence divine. Les pierres constituant l'encadrement des fenêtres sont alors renforcées par des tiges métalliques, créant ainsi une sorte de pierre armée, devenue un élément plus structurel que décoratif.

grue ou sapine. Plus importantes que les petites barges parisiennes, ces embarcations peuvent transporter une trentaine de blocs. Elles sont halées par un attelage de chevaux qui les tirent depuis les berges, au moyen d'une corde fixée au mât.

Paris : étape obligée

Quelle que soit leur origine, les pierres doivent nécessairement transiter par Paris. Les blocs des carrières de Saint-Leu-d'Esserent⁽²⁾, dans l'Oise, servant à la construction de la cathédrale de Sens, sont ainsi acheminés *via* Paris et la Seine. En dehors de ses contraintes de navigabilité – une centaine de jours entre les hautes et les basses eaux – la Seine soumet ceux qui l'empruntent à un certain nombre de lois. Le franchissement de ses ponts est ainsi contrôlé par des gardes qui en assurent le passage. En outre, si la navigation est libre de droits au-dessus de Paris, en dessous, elle est régie par une hanse de marchands disposant du monopole du commerce sur l'eau. Pour emprunter le fleuve, nombre de carriers provinciaux « s'associent » donc à des bateliers parisiens auxquels ils cèdent la moitié des bénéfices issus de la vente de leurs pierres.

Une fois Paris franchi, les bateaux poursuivent leur route vers Sens. Au confluent de la Seine et de l'Yonne, à Montereau, la force du courant contraint parfois les mariniers à délester leurs embarcations. Une partie de la cargaison – qui peut atteindre 66 m³ au total – est alors entreposée sur les rives de l'Yonne. Chaque pierre, marquée du signe du marchand, est enregistrée par un juge des référés.

Lorsqu'au XV^e siècle l'étape parisienne sera supprimée, le commerce des pierres s'en trouvera grandement modifié. Progressivement, les carriers deviendront eux-mêmes négociants et convoyeurs. Les marchandises

seront alors entreposées dans les différents ports et apportées sur les chantiers au gré des besoins. On dit alors des pierres qu'elles seront « livrées rendues » à Reims, Melun, ou encore Canterbury et Westminster, c'est-à-dire débarquées par le fournisseur lui-même, qui prendra en charge toutes les dépenses afférentes à l'acheminement des matériaux. Des dépenses qu'il pourra désormais maîtriser : les charretiers recrutés pour le transport des pierres de la cathédrale de Troyes seront ainsi tous originaires d'un village situé à mi-chemin entre les carrières et le chantier. Il ne sera donc plus nécessaire de leur payer gîte et couvert. Une « originalité » qui va servir de modèle. ■



La traversée de Paris

Extraits des carrières de la rive gauche de la Seine, les blocs sont acheminés sur le chantier de Notre-Dame à l'aide de petites barges de 2 mètres de long sur 1 mètre de large. Elles sont halées, depuis les berges, par des haleurs ou des maîtres des ponts de la ville.

À lire

- *Les souterrains de Paris*, Nord Patrimoine Éditions, Cambrai, 2000.
- *Pierres et Carrières*, Association des Géologues du Bassin de Paris, A.E.D.E.H., 1997.

Glossaire

- **Liais** : calcaire lutétien, à grains fins. Pierre noble, chère et difficile à travailler, elle est très recherchée par les carriers en raison de sa très grande résistance à l'écrasement qui lui permet d'être posée en délit – dans un sens différent de celui du lit.
- **Cliquart** : calcaire dur et fin, utilisé comme pierre d'appareil.
- **Lambourde** : calcaire tendre de faible épaisseur, fournissant le petit appareil.
- **Banc de roches** : banc résistant, situé au niveau sommital du calcaire grossier et constituant le « ciel de carrière ». Il n'est jamais exploité en carrières souterraines.

Remerciements à Marc Viré et Denis Cailleaux pour leur aide précieuse.

2 – À la fin du Moyen Âge, les carriers de Saint-Leu s'approprièrent la plupart des grands chantiers français.

Des géomètres construc



Les bâtisseurs de cathédrales

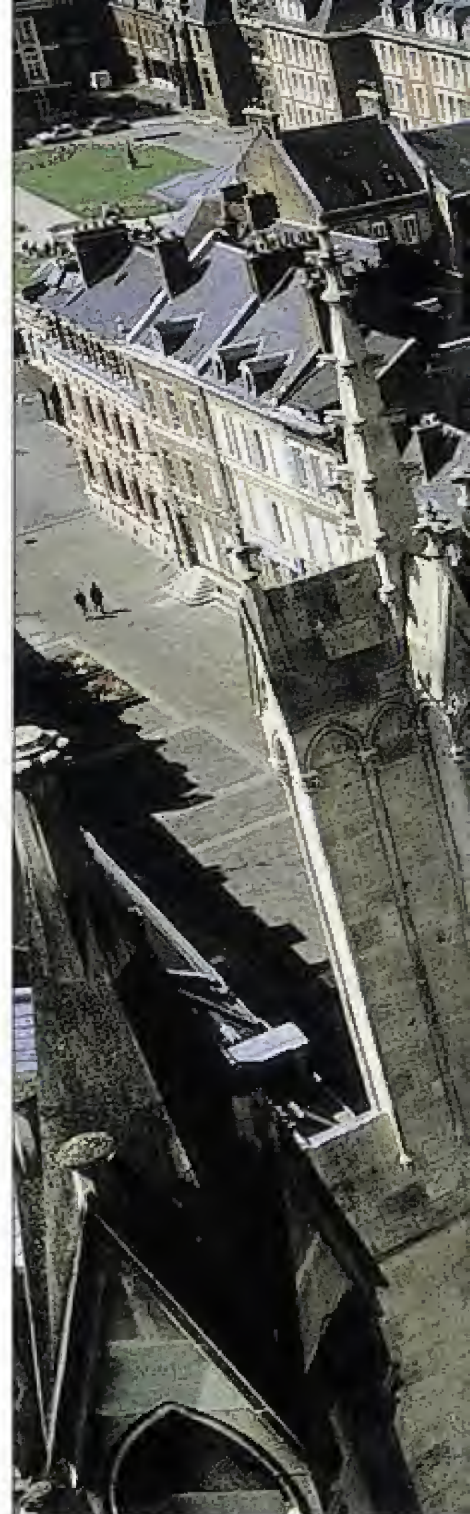
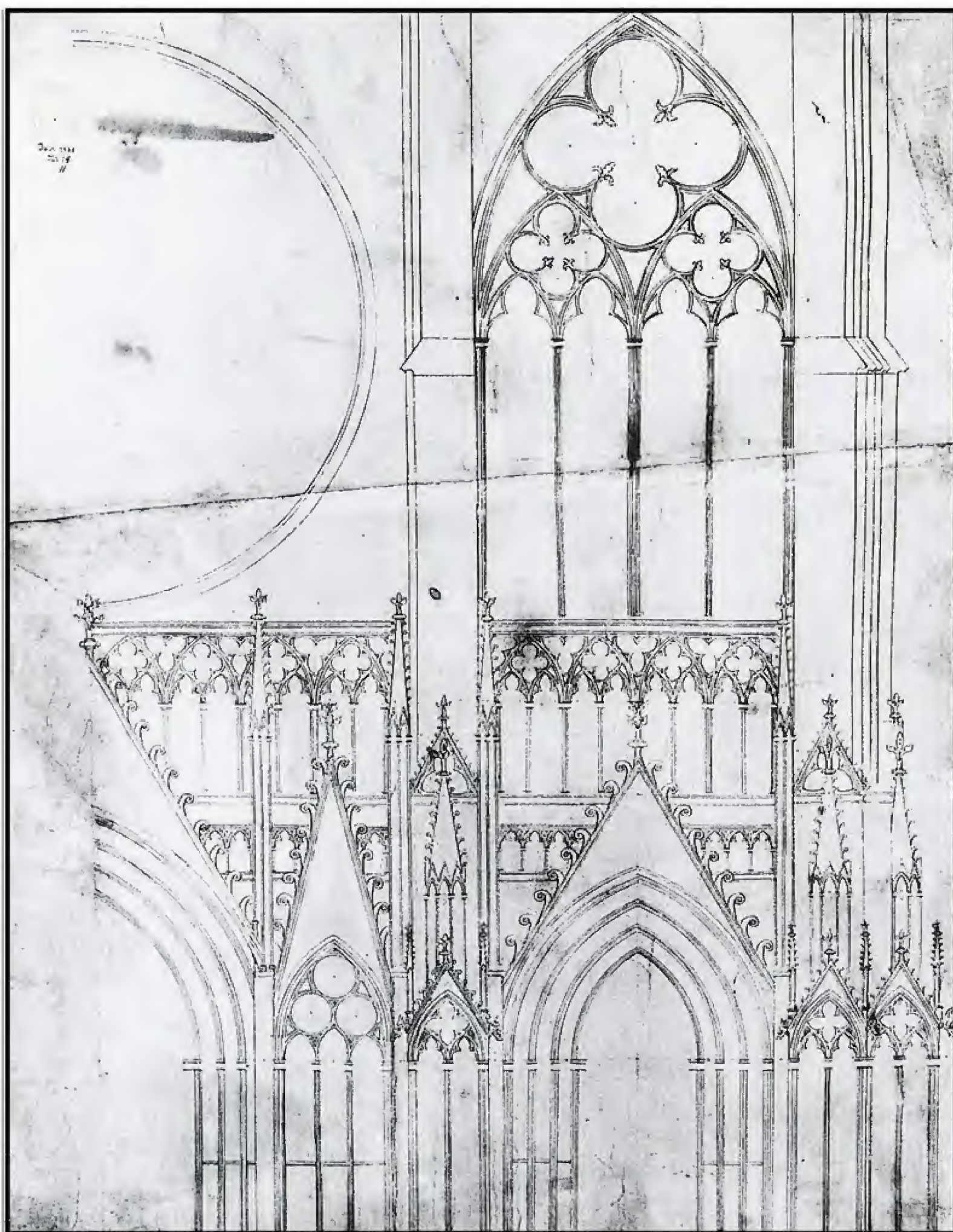
étaient-ils de savants géomètres ? Pour Viollet-le-Duc, spécialiste des édifices médiévaux (ici, Saint-Semin de Toulouse, aquarelle, 1846), cela ne faisait aucun doute. Une hypothèse plus nuancée aujourd'hui.

Artisans

Par Joël Sakarovitch

Entre la qualité du résultat et la simplicité des outils employés, le contraste est, pour le moins, saisissant. Pourtant, entre les XII^e et XIV^e siècles, ces outils matériels ou intellectuels ont permis l'éclosion de l'un des mouvements architecturaux les plus riches de l'histoire. Comment la mise en œuvre de ces édifices a-t-elle été pensée ?





Voici l'un des premiers dessins d'architecture d'une cathédrale gothique. Il représente une des façades de la cathédrale de Strasbourg (seconde moitié du XIII^e siècle, musée de l'Œuvre Notre-Dame).

Viollet-le-Duc a façonné notre regard sur l'architecture gothique non seulement en restaurant et complétant nombre de monuments de l'époque, mais également en décrivant, avec enthousiasme, les savoirs des bâtisseurs de cathédrales. Les articles techniques de son dictionnaire montrent ainsi, avec une grande finesse, le jeu subtil des équilibres des forces mis en œuvre dans les cathédrales. Les arcs-boutants ne sont que la partie immergée de l'iceberg. Ils cachent aux profanes un jeu d'actions plus complexe, comme les oppositions entre colonnettes monolithes, donc rigides, et murs maçonnes,

qui se tassent lentement avec la prise du mortier, ou les parties de renfort en porte-à-faux inscrivant la dynamique des forces dans la pierre.

Mais, alors qu'il était prêt à ajouter, sur les tours des cathédrales, des flèches qui n'avaient sans doute jamais été projetées, il soutenait aussi que les bâtisseurs avaient, dès le XII^e siècle, « *en géométrie descriptive des connaissances déjà étendues* »⁽¹⁾. Une affirmation qui semble, nous le verrons, largement exagérée.

La géométrie qui nous intéresse ici est celle du bâtisseur, du tailleur de pierre ou du charpentier.

1 - Dictionnaire de Viollet-le-Duc, T. 9, 1967.



C'est-à-dire celle devant répondre à ce problème particulier : on dessine sur une surface plane (parchemin, pan de mur, aire de plâtre...) et on construit dans l'espace à trois dimensions. C'est donc une géométrie du passage 2 dimensions/3 dimensions qui est en cause. Il ne s'agit pas d'une géométrie qui donnerait des méthodes de tracés régulateurs, de proportions, etc. Celles-ci relèvent en effet du domaine de la géométrie plane et, par conséquent, ne posent pas le même degré de difficulté.

Du roman au gothique

La production graphique relative au monde du bâtiment semble des plus réduites jusqu'au XIV^e, voire XV^e siècle. Comparée à l'importance de la production architecturale, nous n'en avons conservé que quelques traces. Le plan de l'abbaye de Saint-Gall constitue le plus ancien dessin d'architecture connu. Vraisemblablement dessiné par Eginhard, surintendant des bâtiments de Charlemagne, il aurait été envoyé, vers 830, à l'abbé Gozpert pour la construction du monastère de Saint-Gall. Or, il ne s'agit que d'un simple plan d'implantation, très vague, où les murs sont figurés par des traits sans épaisseur. Aussi ignore-t-on s'il était supposé préfigurer un bâtiment à construire ou s'il s'agissait d'une représentation d'un monastère idéal.

Des plans similaires, en particulier du Saint-

Sépulcre de Jérusalem ou de l'église de la Résurrection, composent certaines enluminures de manuscrits du IX^e siècle. Pour toute la période romane, la relative simplicité (géométrique) des plans, les règles de proportion de volumes, qui s'appuient davantage sur des calculs arithmétiques que sur des tracés géométriques, les méthodes empiriques de maçonnerie ou de taille de pierre, peuvent expliquer l'absence de représentations préalables à la construction des monastères romans. En revanche, de nombreux témoignages confirment l'usage ancien du tracé au sol, préalablement nivelé, du plan de l'édifice. Citons, à ce propos, la légende de la basilique Sainte-Marie-Majeur, dont Du Colombier rappelle que le pape Libère aurait tracé le plan sur la neige miraculeusement tombée.

Si l'architecte roman exécute son projet sans plan, l'*opus in mente conceptum*, il se doit d'être constamment présent sur le chantier. De fait, il dispose, comme dans l'Antiquité, d'un statut de *principalis artifex*. Cette organisation du chantier semble durer jusqu'au XIII^e siècle. Mais le statut de l'architecte, lui, varie selon le lieu,

Avec le temps, l'architecte s'impose sur les chantiers

le chantier, l'individu, l'époque. « Il n'y aura jamais de construction noble si l'architecte est ignoble », affirme le roi dans un formulaire de la seconde moitié du XII^e siècle. De fait, explique Erlande-Brandenburg, dès le XI^e siècle, l'architecte semble prendre une place de plus en plus grande sur →

Architectes et évêques

assument ensemble la direction de l'édification des cathédrales. En témoigne, à Notre-Dame d'Amiens (ci-dessus), la dalle centrale de la nef qui porte leurs noms.

le chantier, où il agit comme intermédiaire avec le maître d'ouvrage. À une époque où Dieu est présenté comme le Grand Géomètre, il est clair que les maîtres d'œuvre ont tout intérêt, comme leurs prédécesseurs de l'Antiquité, à faire sortir l'architecture des *artes mechanicae*. Surtout si l'on tient compte du fait que l'étymologie médiévale du mot *mechanicus*, *mœchare*, signifie pécher...⁽²⁾ L'accroissement de l'usage de la géométrie dans la conception architecturale tient donc sans doute à des raisons techniques, mais aussi sociales.

Les premières productions graphiques

Avec les cathédrales gothiques, l'ampleur des chantiers s'accroît. Ceux-ci demandent alors une organisation, une planification et une hiérarchisation du travail. Les diverses interruptions et reprises du chantier, la nécessité de convaincre le maître d'ouvrage, le prince ou l'évêque, de s'engager dans des dépenses gigantesques, poussent à la production de documents graphiques. « *C'est pourquoi une hiérarchie se dessine dans le chantier, une figure s'en dégage : celle de l'architecte... Ainsi le gothique invente-t-il un nouveau médium – le dessin d'architecture.* »⁽³⁾

Les premières représentations architecturales de cathédrales gothiques, comme le palimpseste de la cathédrale de Reims, les projets de l'édifice de Strasbourg (voir p. 40), ou les dessins de la cathédrale de Cologne, datent de la seconde moitié du XIII^e siècle. Cependant, les documents graphiques connus de cette période restent exceptionnels. Et leur diffusion n'a été ni subite ni générale. La majorité des dessins que nous possédons sont en fait des élévations et non des plans. On suppose donc que les dessins de façades n'étaient pas seulement destinés aux chantiers mais aussi aux commanditaires. Peu de bâtisseurs les ayant respectés, on peut même imaginer qu'ils ne s'adressaient qu'aux seuls commanditaires. En outre, certains dessins ne sont parfois que la reproduction de relevés de bâtiments existants ou en chantier, dont on s'inspire pour d'autres constructions.

Dans ce quasi-désert de représentations, le *Carnet* de Villard de Honnecourt, composé de 250 dessins, dont 74 liés à l'architecture, constitue donc une oasis d'une extraordinaire richesse iconographique. Plusieurs plans d'édifices y sont rassemblés : si ceux de la tour de la cathédrale de Laon et des piliers de la cathédrale de Reims ne sont qu'un relevé et des copies de gabarits, l'un des plans de chevets d'église (voir p. 44) s'apparente, lui, à un dessin de projet. Quant au fol 31^ov., représentant les élévations intérieures et extérieures des murs latéraux de la cathédrale de Reims (voir p. 44), il forme le premier relevé d'élévation connu. Certes, ces dessins comportent de nombreuses inexac- →

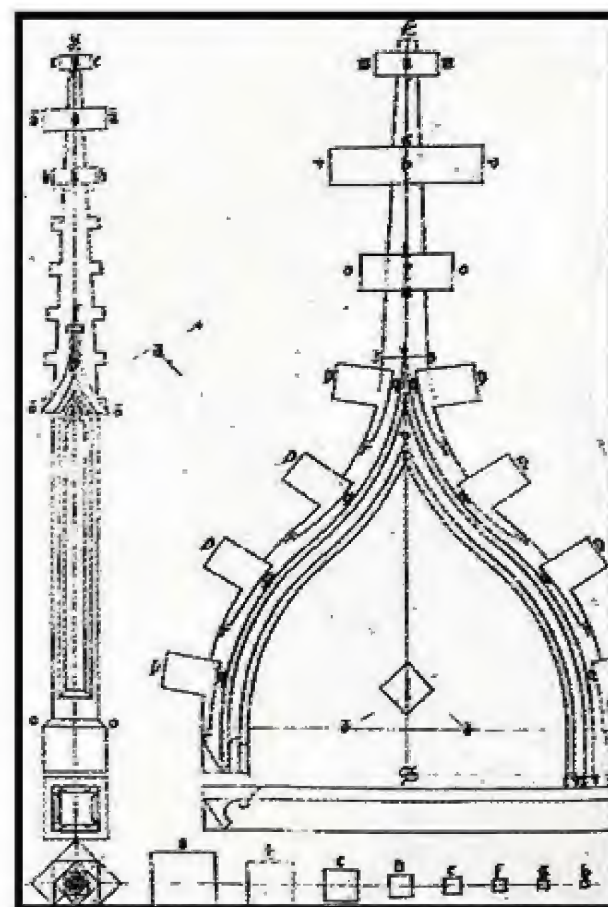
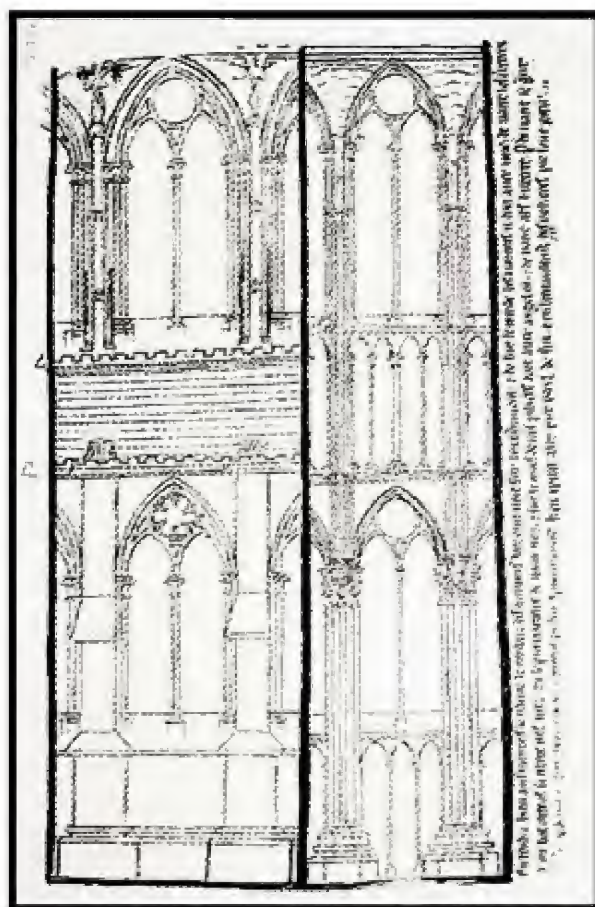
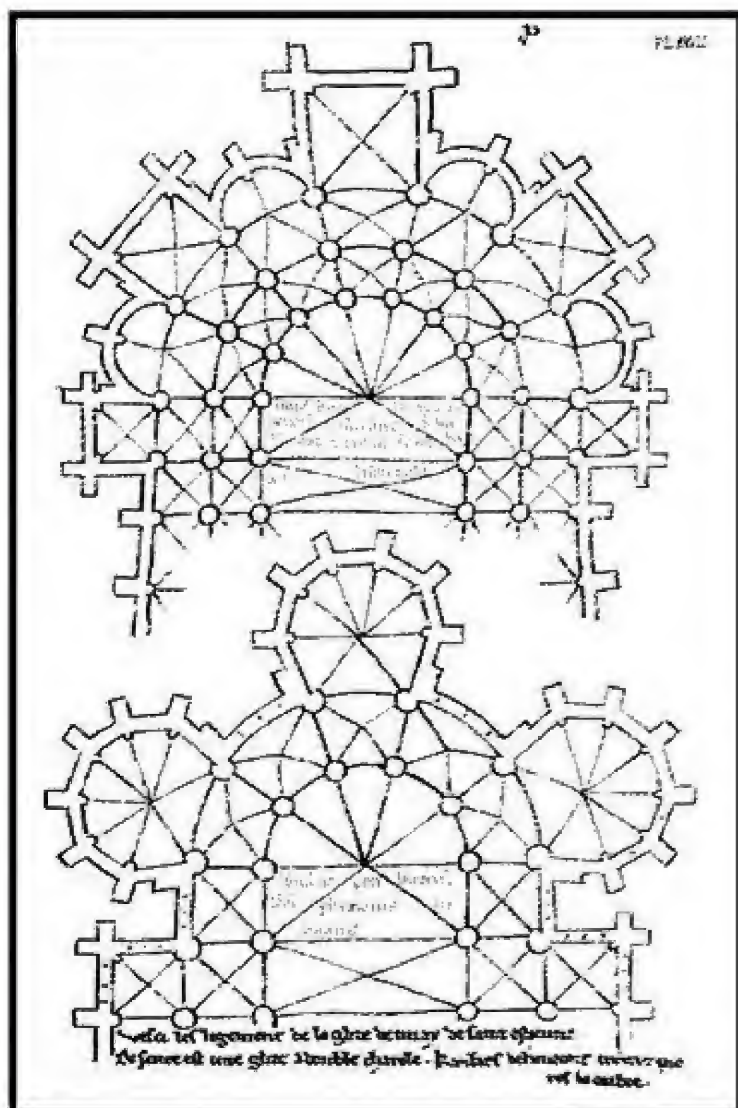
Alors que dans l'art roman

un simple plan, dessiné au sol, pouvait suffire à l'édification du bâtiment, dans l'art gothique, la complexité des volumes, l'interruption des chantiers impliquent le recours à des élévations beaucoup plus élaborées (cathédrale Saint-Étienne, Meaux).

2- Voir l'article de Robert Suckale, dans le catalogue de l'exposition de Strasbourg consacrée aux *Bâisseurs des cathédrales gothiques* édité par Roland Rechl.

3 - Ibid., R. Rechl.





Les plans des cathédrales

réalisés au XIII^e s. sont rares. Plus courants sont les dessins d'élévation dont celui-ci est le premier exemplaire connu (cathédrale de Reims).

Du plan à l'élévation

Les dessins de M. Roriczer (XV^e s.) permettent aux tailleurs de pierre de passer d'un plan à l'objet, tout en respectant les proportions.

Parmi les 33 feuilles

de parchemin de Villard de Honne-court (XIII^e s.), on a retrouvé de nombreux dessins liés à l'architecture des cathédrales. Celui-ci semble représenter un projet de chevet d'église.

titudes de proportion. Mais ils révèlent aussi de fins détails, tels que le léger surdimensionnement du diamètre de la colonnette centrale du triforium, intervenant dans le jeu subtil des verticales et des horizontales qui rythme la façade intérieure.

Au tournant du XIII^e siècle, les dessins sur parchemin se multiplient et s'affinent. C'est le cas de ceux de l'élévation de la flèche de la cathédrale de Strasbourg, du clocher de l'église d'Ulm, des cathédrales de Cologne, Ratisbonne, Orvieto, Fribourg-en-Brigau... Celui de la cathédrale de Milan, attribué à Antonio di Vincenzo et daté de 1389, constitue ainsi le premier exemple de deux vues distinctes, plan et coupe partielle, clairement articulées l'une avec l'autre, selon une méthode bientôt caractéristique du dessin d'architecture ou technique. En France, la première mention explicite d'une construction appelée à être exécutée d'après un document graphique, date, elle, de 1381.

Le « secret » des maçons

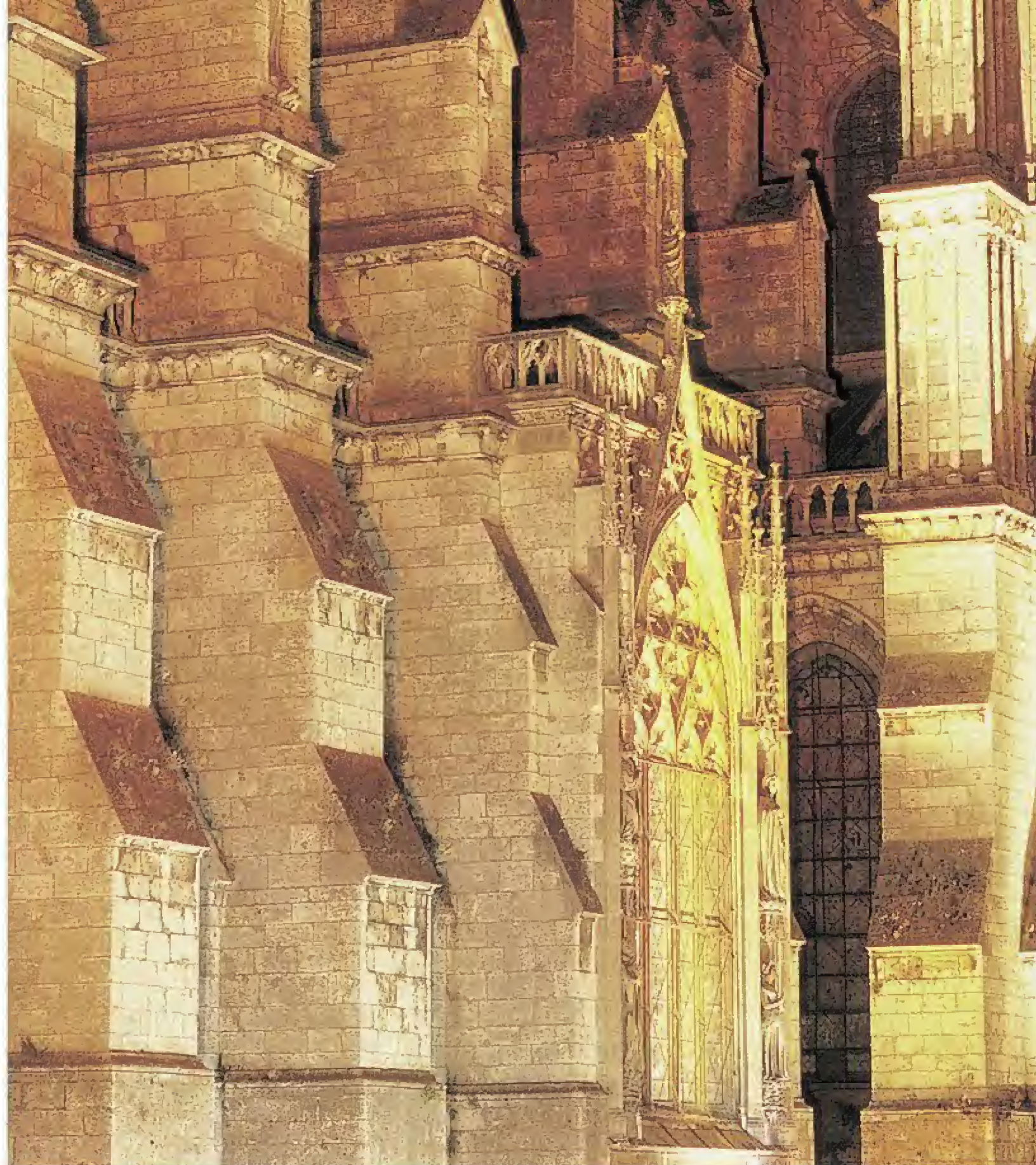
Au XV^e siècle, la représentation en plan et en élévation caractérise davantage les tailleurs de pierre que les architectes. « [Il est] nécessaire, écrit ainsi Dürer, à quiconque veut aborder l'étude des proportions, d'avoir bien assimilé la manière de mesurer et d'avoir bien compris comment toute chose doit être couchée dans son plan et montée, selon la méthode que les tailleurs de pierre pratiquent tous les jours. »⁽⁴⁾

Dans le but de promulguer des statuts afférents à leur corporation, les maîtres tailleurs de pierre originaires de villes germaniques (Strasbourg, Vienne, Salzbourg...) se réunissent à Ratisbonne, en

1459. D'après l'un des articles de leur charte, il est désormais établi que : « Ni le compagnon, ni le maître, ni le porte-parole d'atelier ou tout autre quel qu'il soit, et quelle que soit sa profession, ne doit initier un quelconque dans les us et pratiques du métier s'il n'a point fait son apprentissage régulier et requis auprès d'un tailleur de pierre selon les traditions et usages du métier. »⁽⁵⁾ Quelque vingt-cinq ans plus tard, à la demande de l'évêque d'Eichstätt, Matthäus Roriczer publie un opuscule expliquant « comment tirer l'élévation du plan ». L'ouvrage porte sur la construction des pinacles intervenant dans les frontons gothiques. Dans ces quelques feuillets, Roriczer fournit d'abord, à partir d'un carré de base, une suite de constructions géométriques permettant d'obtenir le dessin d'un pinacle en plan (voir ci-dessus). Puis, il « tire (ausziehen) l'élévation du plan », en indiquant les proportions à respecter entre plan et élévation. Enfin, il achève son ouvrage par une représentation – tronquée en hauteur – d'un pinacle en double projection, présentée alors comme « un véritable pinacle extrait de son plan ».

Ces textes et règlements révèlent l'enjeu qui entoure un mode de représentation de l'espace permettant de passer d'un projet à sa réalisation. L'expression, « tirer l'élévation d'un plan », utilisée par Roriczer ou Dürer, est riche d'enseignement. Un système de proportion, lié à chaque objet, suffit en effet à remonter du plan à l'objet. On peut alors déduire l'élévation du plan pas à pas, de la même

4 – Dürer, A., *Les Quatre livres d'Albert Dürer... de la proportion des parties*.
5 – Article 13 du statut des tailleurs de pierre de Strasbourg. Traduction française, dans le catalogue de l'exposition de Strasbourg.



À Chartres,
la perfection de cet
alignement de
contreforts reflète à
elle seule
l'accroissement de
l'usage de la
géométrie dans la
conception
architecturale
gothique.

À lire

- R. Bechmann, *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIII^e siècle et sa communication*, Paris, Picard, 1991.
- P. du Colombier, *Les chantiers des cathédrales – Ouvriers – Architectes – Sculpteurs*, Paris, Picard, 1953, (rééd. 1992).
- A. Erlande-Brandenburg, *Quand les cathédrales étaient peintes*, Paris, Découvertes Gallimard, 1993.
- R. Recht, *Le dessin d'architecture*, Paris, A. Biro, 1995.
- J. Sakarovich, *Épures d'architecture. De la coupe des pierres à la géométrie descriptive*, Basel, Birkhäuser, 1998.

manière qu'on construit le pinacle pierre à pierre depuis sa base, ou qu'on « tire » les temples grecs et les églises romanes de leur plan au sol. Le plan n'est pas une projection de l'objet ; il le contient intégralement. Ce système suppose donc une architecture codifiée et répétitive dans ses proportions.

L'examen des dessins, les statuts de Ratisbonne ou le traité de Roriczer montrent que « le passage du plan à l'élévation semble bien avoir constitué le problème central de l'architecture médiévale »⁽⁶⁾. Dans l'art roman, le rôle de l'architecte consiste à tracer un plan au sol ; l'élévation s'en déduit alors « naturellement », compte tenu de la relative simplicité des formes et des structures, et de la liberté accordée aux maîtres maçons. Dans l'architecture gothique, en revanche, la superstructure et, de fait, la liaison plan-élévation se complexifient. Parmi les outils théoriques et pratiques élaborés aux XII^e et XIII^e siècles, et permettant une archi-

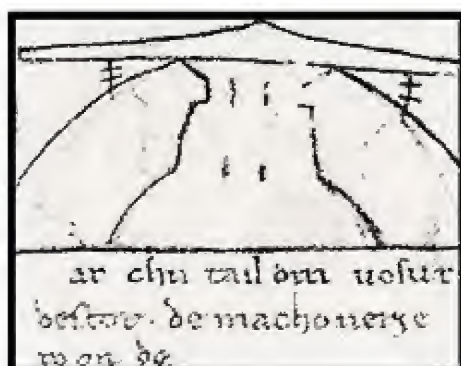
lecture plus adaptée aux aspirations de l'époque, le dessin est l'un des plus importants. Or, nombre de problèmes demeurent.

Tirer l'élévation du plan ? Un défi pour les maîtres maçons

La cathédrale de Milan témoigne ainsi des relations délicates entre plan et élévation et du décalage temporel des conceptions de l'un et de l'autre. En 1391, l'édifice est déjà sorti de terre lorsque les instances dirigeantes de la ville décident de convoquer un conseil d'architectes européens. Leur tâche ? Déterminer si la cathédrale doit être achevée *ad quadratum* ou *ad triangulum*, c'est-à-dire, si les proportions de sa façade principale seront établies, à partir de sa largeur de base, sur un carré ou un triangle isocèle. Cet exemple montre que l'on n'hésitait pas à entamer les travaux sans avoir vraiment une idée précise du volume final.

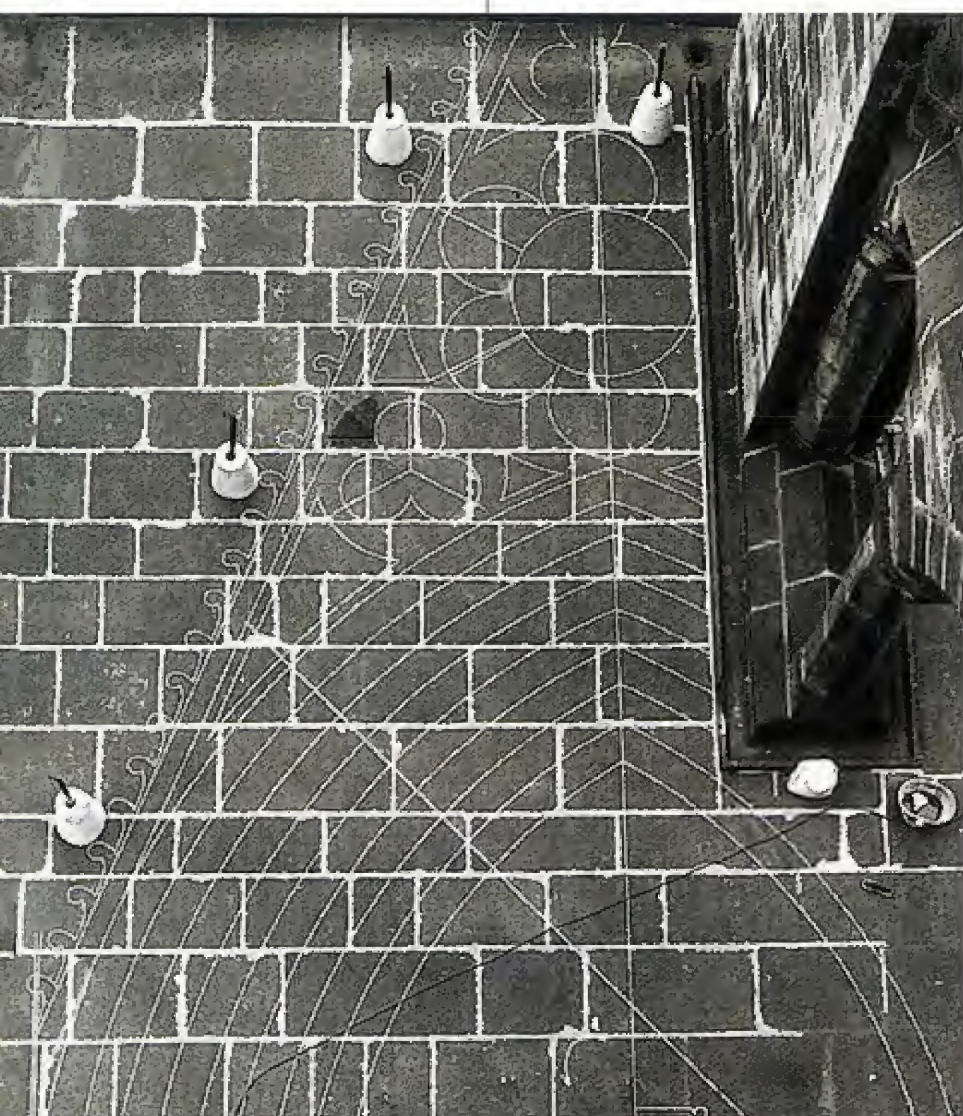
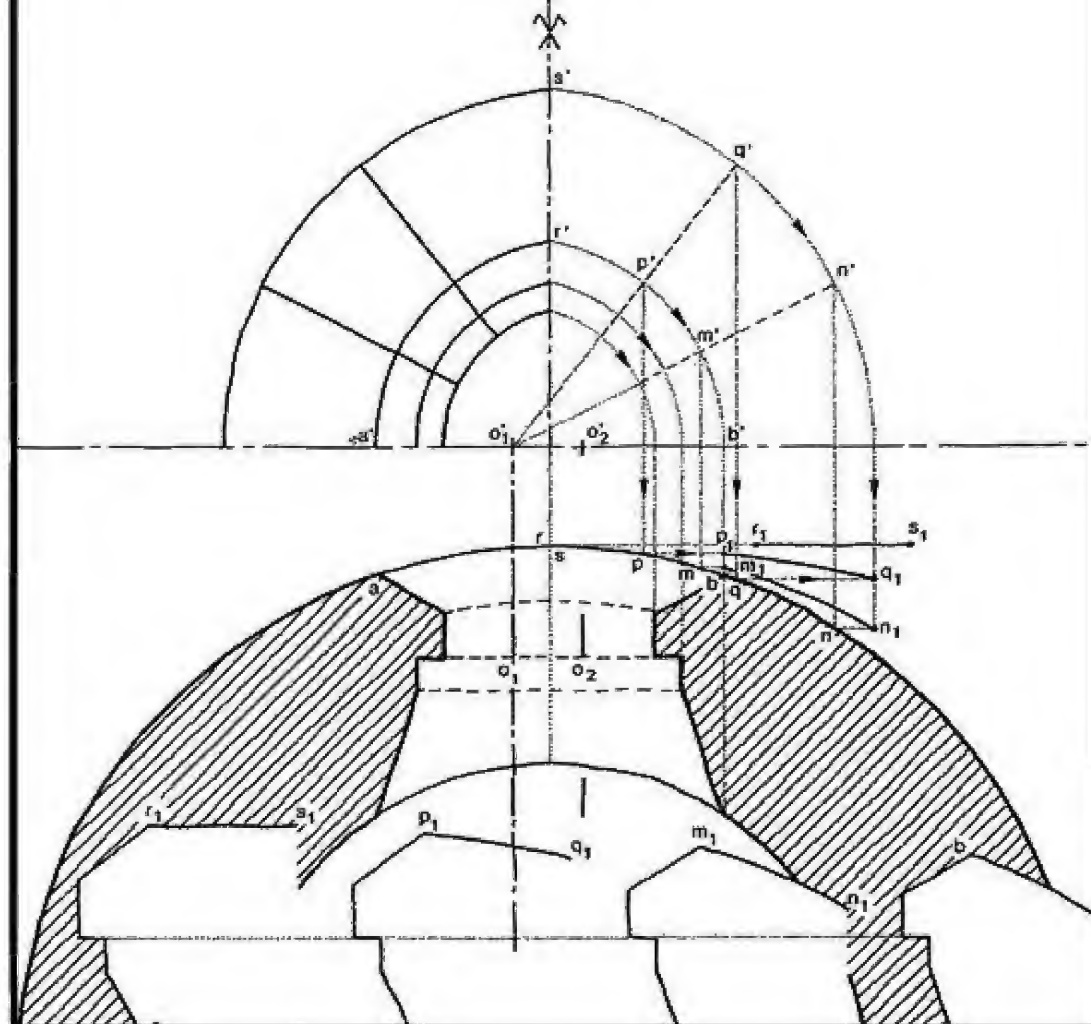
À la fin du XIII^e siècle, alors que s'amorce une nouvelle division du travail, le dessin géométral prend corps et se précise. Durant tout le Moyen Âge, deux modes de lecture du plan vont coexister : la conception du « plan-vue de dessus », qu'inau- →

(6) – R. Recht, « La loge et le soi-disant secret des bâtisseurs de cathédrales », *Histoire et archéologie*, dossier n° 47, nov. 1980, p. 8-22.



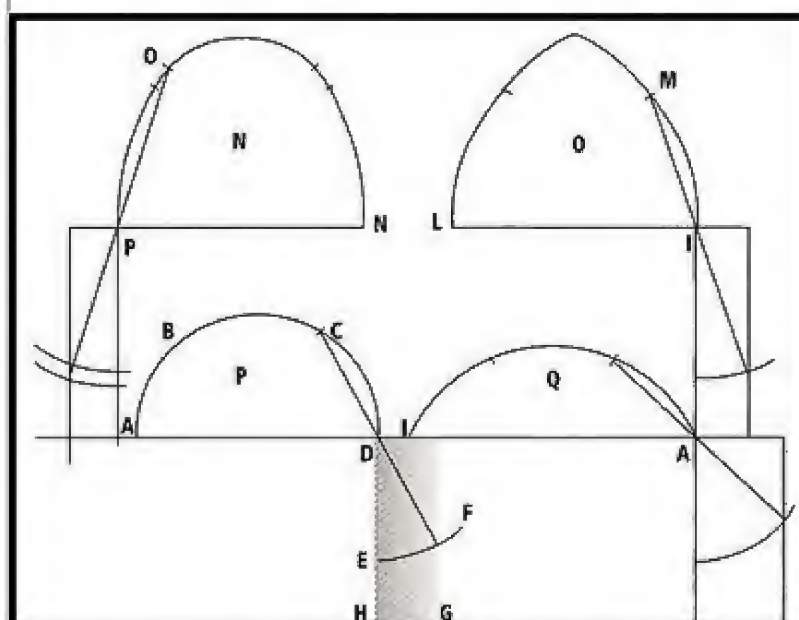
Des tracés approximatifs

Le *Carnet* de Villard de Honnecourt contient, à destination des artisans, un tracé des voussoirs d'une porte droite dans une tour ronde (ci-dessus). Suivant l'idée de R. Bechmann, le traité de cette opération en géométrie descriptive montre les limites du tracé précédent. (dessin de J. Sakarovich)



Au XVII^e siècle,

Derand propose une règle qui, à partir du doublement de la corde tendue au dernier tiers du profil d'une voûte, permet de dimensionner l'épaisseur des murs qui la soutiennent (ci-contre). Une règle que les bâtisseurs des cathédrales utilisaient déjà sans le savoir.



A mi-chemin

entre le plan d'études et le plan de chantier, l'épure (ici du portail nord de la cathédrale de Clermont-Ferrand) est tracée grandeur nature sur les murs ou sur le sol (ici d'une terrasse).

gure l'architecture gothique, et celle du « plan-trace au sol », pratiqué depuis l'Antiquité. Pour rendre compte de la troisième dimension, les dessins-plans s'accompagnent d'un code de lecture permettant de « tirer » l'élévation du plan. C'est ce passage de l'image plane de l'objet à l'objet lui-même qui constitue le véritable « secret » de maçons.

Les premières épures

Gravées dans la pierre, les épures qui nous sont parvenues, premières traces explicites de dessins constructifs, ne montrent pas les grandes virtuosités géométriques auxquelles Viollet-le-Duc fait allusion. Tracées grandeur nature, sur des surfaces planes verticales ou horizontales, elles sont parfois exécutées dans des pièces spécialement

édifiées pour le chantier : il s'agit des *tracing houses* en Angleterre, ou chambres aux traits. Celle de York porte ainsi au sol le tracé, daté de 1360, du remplage des baies des collatéraux du chœur du monastère. Généralement détruit à l'issue du chantier, ce genre de témoignage reste exceptionnel.

En revanche, à Reims, Auxerre ou Soissons, subsistent de nombreuses épures des XIII^e et XIV^e siècles, tracées directement sur les parois ou le sol de bâtiments en cours de construction. L'abbaye cistercienne de Byland, dans le Yorkshire, recèle les plus anciennes d'entre elles – fin du XII^e siècle. L'une des plus belles séries se trouve sur la terrasse couvrant le chœur de la cathédrale de Clermont-Ferrand (voir ci-contre). Selon F. Claval, qui en a effectué le relevé et les a étudiées, la plus ancienne daterait de 1265 et serait contemporaine de Jean Deschamps, alors maître d'œuvre. Tracées en hauteur et souvent éloignées des pièces à réaliser, ces épures ne semblent pas avoir servi de support à un important chantier : elles ont donc plus vraisemblablement permis l'exécution des panneaux de bois servant de gabarit – *moles* – placés ensuite sur les pierres à tailler.

La comparaison qu'effectue F. Claval entre épures et réalisations permet aussi de préciser le statut de ces dessins. Exécuté à partir d'une épure pré-

paratoire, le portail nord de la cathédrale de Clermont-Ferrand présente un gâble identique au tracé. En revanche, les archivoltes ont, elles, subi d'importantes modifications lors de leur réalisation. Selon F. Claval, il ressort donc que « *l'épure ne représente qu'un stade intermédiaire dans le processus complexe qui va de l'invention d'une forme architecturale à sa réalisation. Ce n'est pas, stricto sensu, un "patron" ou un "bleu", comme le veulent beaucoup d'historiens des techniques, mais un avant-projet en grandeur réelle qui n'interdit ni les changements de parti, ni les retouches de détail.* » Hormis celle de Reims, qui superpose plan et élévation, les épures gravées connues correspondent donc simplement à des projections sur plan. Elles représentent des élévations de portail, de rosaces ou de fenêtres, et permettent de tracer

L'usage des épures est avant tout pratique

les gabarits ou de vérifier, au cours du chantier, l'exactitude des formes des pierres à assembler. Aucune ne vient étayer l'argument de Viollet-le-Duc selon lequel la géométrie a fait l'objet, dès le XIII^e siècle, d'un usage savant.

Deux exemples permettent d'apprécier la fonction des dessins techniques de l'époque médiévale. Le premier est extrait du *Carnet* de Villard de Honnecourt et concerne le tracé des voussoirs d'une porte droite dans une tour ronde (voir p. 46). En comparant le croquis de Villard de Honnecourt à l'épure permettant de déterminer les panneaux (voir p. 46), Roland Bechmann révèle l'écart entre l'aide-mémoire laissé par le maître du XIII^e siècle au professionnel et les outils géométriques utilisés dans le traité de Philibert de l'Orme du XVI^e siècle. En suggérant le sens de déformation des différents panneaux, le schéma constructif du *Carnet* ne semble donc indiquer qu'un tracé approximatif des panneaux des voussoirs, dont la taille est achevée « par ravalement » lorsque les pierres sont en place dans la maçonnerie.

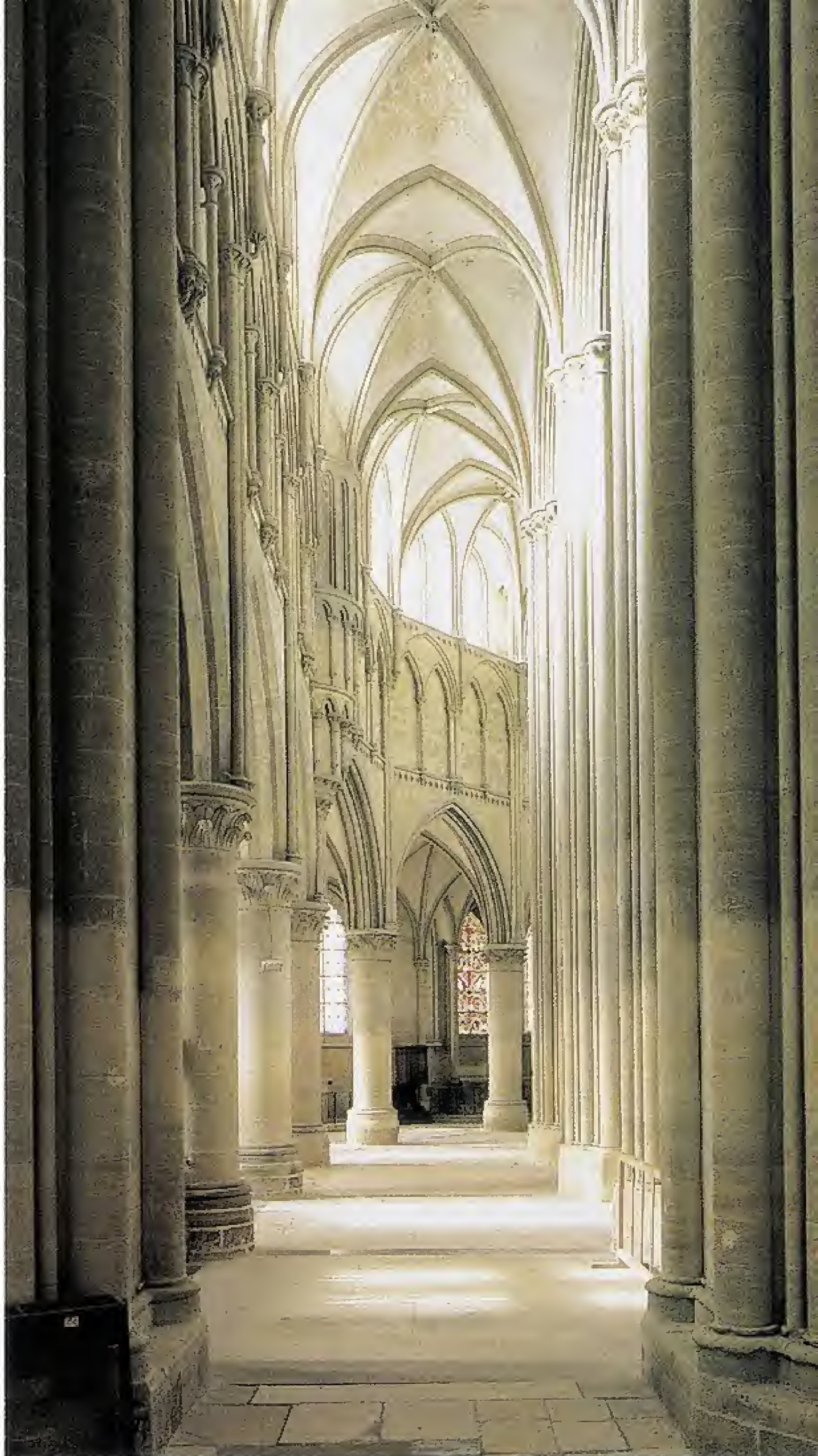
Le second exemple nous est fourni par « la règle de Derand » (voir p. 46). Dans un traité de coupe de pierre, publié en 1643, le père François Derand propose un procédé graphique permettant de dimensionner les murs de soutènement d'une voûte en fonction de sa section. Bien que publiée au XVII^e siècle, cette règle est déjà connue et utilisée par les bâtisseurs de cathédrales. Elle s'appuie alors uniquement sur la forme de l'intrados de la voûte, et ne prend en compte ni son épaisseur, ni son poids, ni la hauteur des murs. À l'instar du premier exemple, cette règle n'est donc qu'un aide-mémoire constructif exprimant que, toutes choses égales par ailleurs, plus une voûte est tendue, plus les poussées latérales sont fortes.

Ainsi, les règles et les procédés graphiques conte-

nus dans les épures ou les différents traités pratiques réservés aux hommes de l'art intervenant sur le chantier s'appuient ils en général sur une représentation plane des objets. Ce qui fait la réelle complexité d'une géométrie liée à l'acte de construction est en fait escamoté. Comparés aux traités de la Renaissance italienne, ceux du Moyen Âge sont donc, pour Panofsky, « *ce que la pharmacopée est à un ouvrage de biochimie* ».

Cependant, l'exposé de la simplicité des outils théoriques ou pratiques utilisés par les bâtisseurs des cathédrales gothiques ne constitue pas une critique du mode de production architectural médiéval. *A fortiori* si l'on se risque à le comparer à la sophistication des outils aujourd'hui disponibles et la qualité du cadre bâti...

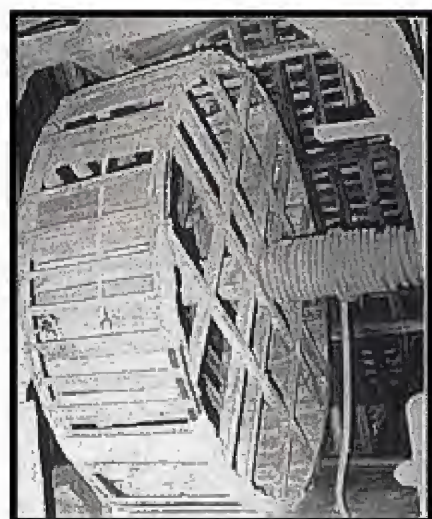
Edifiées à partir
de représentations
planes, les cathé-
drales gothiques
gardent encore le
secret de toute la
complexité liée à
l'acte de construc-
tion. (Cathédrale
Notre-Dame de
Coutances.)



Par Perrine
Vennetier

Bestiaire des de instruments de levage

Toujours plus haut ! La construction d'une cathédrale est un défi. Pour le relever, les constructeurs de cathédrales ont mis à leur service d'ingénieux systèmes pour élever les blocs de pierre et autres matériaux.



L'écureuil de Beauvais

Certaines cathédrales ont encore dans leurs combles d'anciens écureuils datant de leur construction. Celui-ci date du XVI^e siècle.

Avec des écureuils, des louves, des grues ou des chèvres, on se croirait au zoo... Mais sur les chantiers médiévaux, ces bêtes-là n'étaient pas des animaux. Elles désignaient plutôt différentes espèces d'outils destinés aux opérations de levage des matériaux. Pour hisser des blocs de pierre de 500 kg à des hauteurs dépassant parfois les 100 mètres, les ouvriers des cathédrales disposaient en effet d'un vaste attirail.

On retrouve encore des reliques de ces engins nichés sous les combles de certains édifices. La cathédrale de Beauvais abrite ainsi deux treuils actionnés par une roue, appelés « écureuil ».

À la manière de cet animal, un ou deux hommes prenaient place dans cette structure en bois composée de lattes reliant deux cercles. Les calculs montrent aujourd'hui qu'avec un diamètre de 2,50 mètres, il était possible de soulever un poids de 550 à 600 kg. Le poids des ouvriers marchant à l'intérieur fournissait la force motrice pour enrouler les cordages autour de l'es-

sieu de la roue. Grâce à ce dispositif, les différents éléments des voûtes – cintres, pierres ou mortier – pouvaient être montés sur leur lieu d'assemblage.

De multiples usages

L'iconographie médiévale offre de nombreux exemples de ces écureuils. Elle les dépeint aux différentes étapes de la construction d'une cathédrale, du déchargement des barges apportant les pierres de leur carrière d'extraction jusqu'aux plates-formes les plus hautes du monument. Les miniatures des manuscrits ou les

brouette. Quoique indispensable, le portage humain ne pouvait être suffisant.

Des représentations allégoriques – comme celles de constructions de tours de Babel – sont l'occasion, pour les peintres ou les enlumineurs, de dépeindre l'ingéniosité des différents engins de levage. Les poulies s'y révèlent comme l'élément de base. Seules ou groupées dans des systèmes de démultiplication de la force, elles équipaient les sommets de structures en bois comme des potences ou des chèvres. Ces dernières, déjà

Miniatures et vitraux témoignent de la variété des techniques de levage

vitraux témoignent aussi de la variété des techniques de levage des charges. La plus élémentaire s'alimente bien sûr à l'huile de coude. On voit ainsi un ouvrier gravir une échelle lestée par une hotte ou deux hommes transporter le long d'un plan incliné, un bloc de pierre installé sur une sorte de civière. À partir du XIV^e siècle, apparaît l'usage de la

connues sous l'Antiquité, sont des assemblages de deux ou trois poutres en pyramide. Pour les actionner, les ouvriers tiraient simplement sur les cordes ou utilisaient une manivelle – qui assure l'enroulement du cordage autour d'un arbre horizontal. Ils se servaient aussi de cabestan, qui permet l'embobinage sur un axe vertical. Joyaux des engins,





Les inséparables

L'usage des engins de levage et leurs améliorations progressives ont joué sur les échafaudages, ceux-ci s'affinant petit à petit. (Reconstitution d'écureuil au Cathédraloscope de Dol-de-Bretagne.)

des grues se profilaient aussi sur les chantiers des cathédrales. Leurs flèches pouvaient atteindre trois mètres de long et présentaient l'avantage de pouvoir pivoter. Ainsi les charges ne se contentaient pas d'être élevées verticalement mais elles pouvaient également être déplacées horizontalement.

L'indispensable allié

Indissociable des opérations de levage, l'échafaudage se voit modifié par l'utilisation de ces outils : il s'allège. Comme il n'est plus besoin d'y stocker les pierres, la structure en bois se réduit à une simple plate-forme de travail pour les maçons. Les lourds échafaudages « de pied » montés depuis le sol cédaient donc parfois la place à des échafaudages « en bascule ». Ces derniers s'accrochaient directement à la façade de la cathédrale. Les trous, appelés trous de « boulines » où étaient encastées leurs poutres de soutien, subsistent encore dans les murs des monuments.

Les blocs de pierre gardent aussi la trace de leur « trans-

port aérien ». Pour saisir et soulever les blocs de pierre, d'ingénieuses pièces métalliques étaient en usage. Les pinces venaient ainsi marquer de petits accrocs les flancs des blocs. Ces mâchoires s'articulaient comme une paire de ciseaux, exerçant une préhension d'autant plus forte que la charge était lourde. La « louve », quant à elle, ressemblait à une queue d'hirondelle. Insérée dans une cavité réalisée sur la face supérieure du bloc, elle permettait de saisir la pierre par le dessus. Bien sûr, corde, crochets ou paniers arrimaient aussi les charges, parfois très fragiles telles que les sculptures réalisées au pied de l'édifice.

S'il est possible de faire à partir des dessins médiévaux cet inventaire rapide des techniques de levage, « *il faut garder à l'esprit que la première période de construction des cathédrales est assez mal documentée*, rappelle Odette Chapelot, du Centre de recherches historiques à l'EHESS. *La plupart des sources datent plutôt de la fin du Moyen Âge* ». Elles ne rendent donc pas



forcément compte des évolutions au fil des chantiers, comme le fait que la double manivelle ait été introduite tardivement ou que l'usage du métal n'ait cessé de prendre de l'importance. De plus, les œuvres des enlumineurs ou des peintres n'étaient pas à vocation technique ! Certains engins représentés semblent ainsi →

Le travail en images

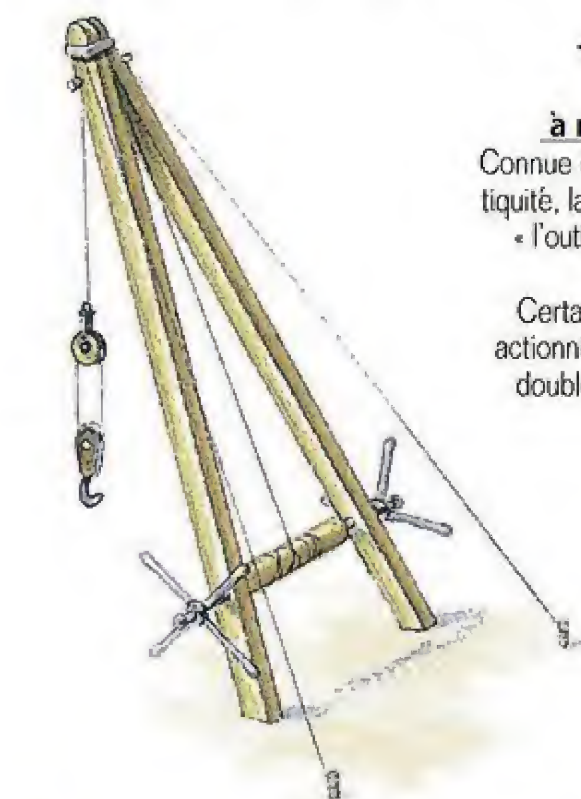
Les constructions mythiques, comme ici la tour de Babel, sont l'occasion pour les artistes de représenter les techniques et outils de levage.

→ défier les lois de la physique. Et, malheureusement, bien peu de manuels techniques ont existé ou sont parvenus jusqu'à nous. Une exception : les carnets de croquis de Villard de Honnecourt. Ce manuscrit du XIII^e siècle offre en effet des descriptions techniques des machines, des méthodes de construction et de tracé géométrique. Cet ouvrage précieux rompt le « silence » des architectes de cathédrales dont le savoir se transmettait surtout oralement.

Renseignements indirects

Pour étayer leur connaissance des moyens, les chercheurs contemporains se tournent donc vers des sources indirectes comme les livres de comptes. Denis Cailleaux, historien de l'art à l'université de Bourgogne, a ainsi dépouillé la comptabilité de la fabrique de Saint-Étienne de Sens dans son ouvrage sur la construction de cette cathédrale au XV^e siècle. Là encore le vocabulaire n'est pas technique puisque administratif. Mais ces comptes permettent de donner une idée de ce que nécessitait en termes de moyens un engin de levage tel que la grue. Un charpentier, un serrurier, un marchand de bois et un scieur de long, quatre corps de métier devaient par exemple intervenir. Ces « quittances » médiévales révèlent aussi le prix : 41 livres et 16 sous tournois. Une dépense assez importante puisqu'elle représente l'équivalent de 200 jours de salaire d'un ouvrier. Ce coût explique « *le soin porté à l'entretien de l'instrument et son long usage* ». Les grues étaient de ce fait démontées puis remontées à différents endroits selon la progression du chantier. Elles étaient même louées sur d'autres chantiers, sorte de « main-d'œuvre » temporaire qui aidait à s'élever les plus ambitieux édifices du Moyen Âge. ■

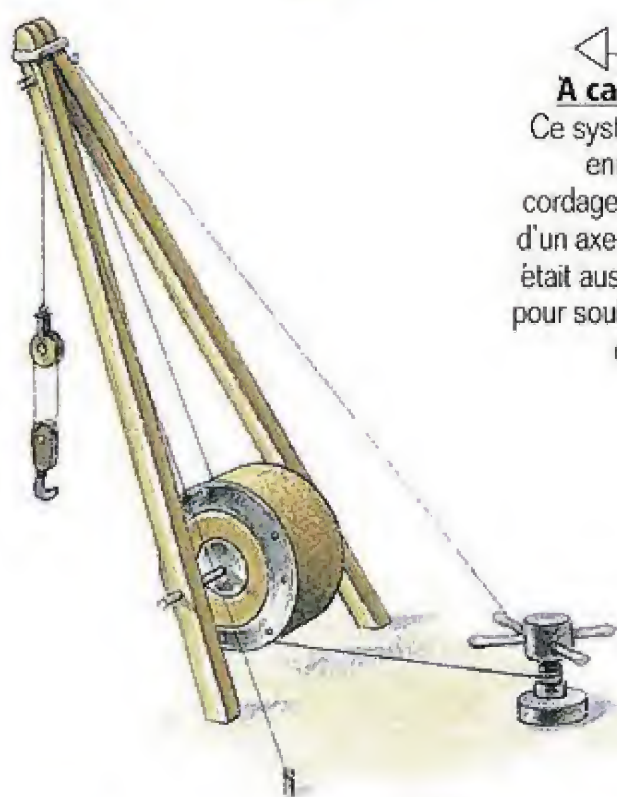
▷ Le levage



◀ Chèvre à manivelle

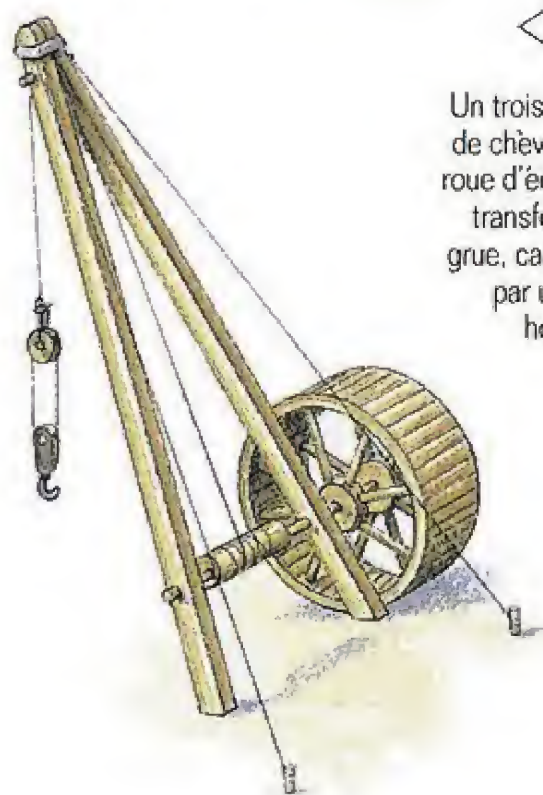
Connue depuis l'Antiquité, la chèvre est « l'outil de tous les chantiers ».

Certaines étaient actionnées par une double manivelle.



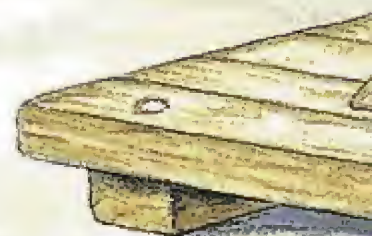
◀ A cabestan

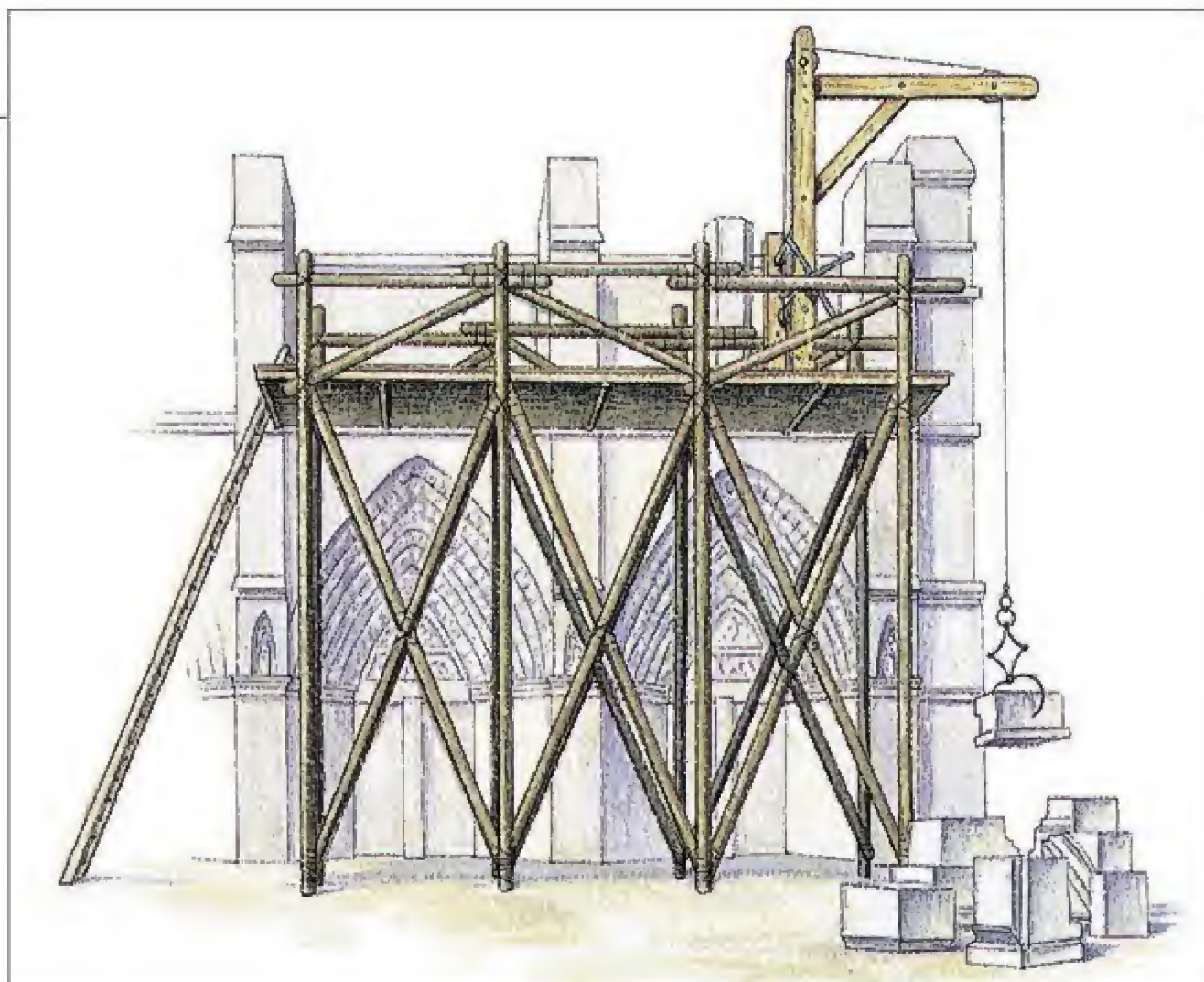
Ce système qui enroule les cordages autour d'un axe vertical, était aussi utilisé pour soulever les charges.



◀ A roue

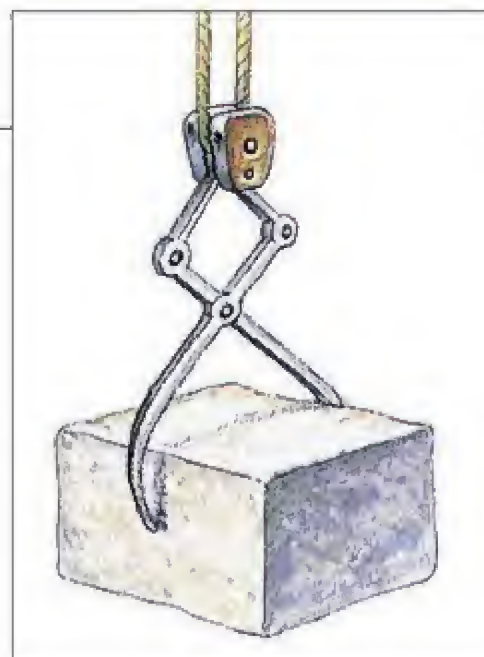
Un troisième type de chèvre, celle à roue d'écureuil, se transformera en grue, caractérisée par une flèche horizontale.





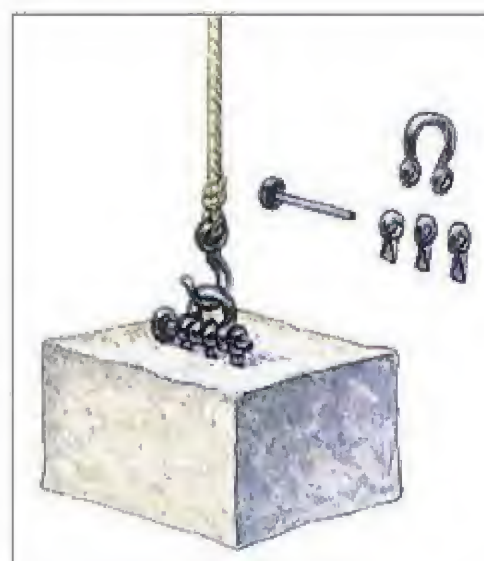
Hisser haut

Divers systèmes de levage sont utilisés pour hisser les pierres sur le mur en construction. L'échafaudage ne sert donc plus systématiquement à les stocker.



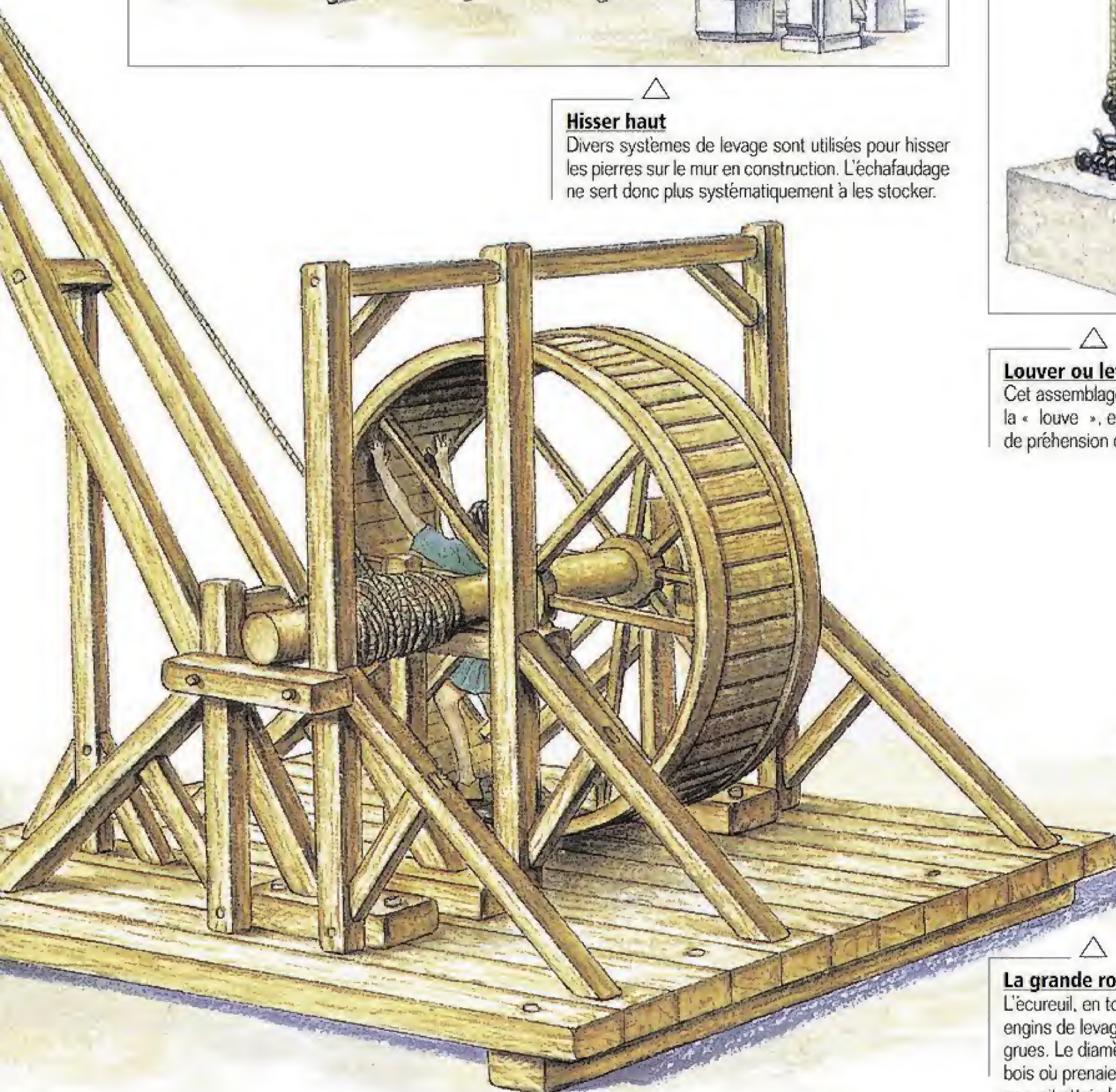
Bien tenue

Cette tenaille métallique permet de saisir le bloc de pierre sans en abîmer les arêtes.



Louer ou lever ?

Cet assemblage métallique, la « louve », est un autre moyen de préhension des blocs.



La grande roue

L'écureuil, en tournant, actionne les engins de levage – notamment les grues. Le diamètre de cette roue en bois où prenaient place les ouvriers pouvait atteindre les 8 mètres.

Mortiers et enduits

Par Bénédicte
Palazzo-Bertholon

À travers l'étude de ces humbles matériaux, c'est une histoire partielle mais documentée de chaque chantier médiéval qui se donne à lire.

Comme tout édifice médiéval, religieux ou non, les cathédrales montrent une utilisation importante des mortiers et des enduits. Les principales fonctions de ces matériaux incontournables sont d'assurer la cohésion des éléments de construction, de permettre un recouvrement des maçonneries et de supporter les différents décors prévus sur les murs des églises. À leurs caractéristiques techniques vient s'ajouter une forte connotation symbolique, liée à la perception de la cathédrale, comme le reflet de l'Église céleste.

Mortiers et enduits sont fabriqués à partir des mêmes composants : un liant et une charge. Dans les grandes constructions telles que les cathédrales, le liant

utilisé est la chaux aérienne. On l'obtient par la calcination et l'extinction de pierres calcaires, riches en carbonate de calcium. La charge, elle, est le plus souvent faite de sable de nature et de grosseur variables, extrait de carrière ou puisé sur le bord des rivières. C'est elle qui structure le mortier et lui confère sa résistance, tandis que le liant garantit la cohésion des grains entre eux, l'homogénéité et la souplesse de la couche ainsi obtenue.

Composition variable

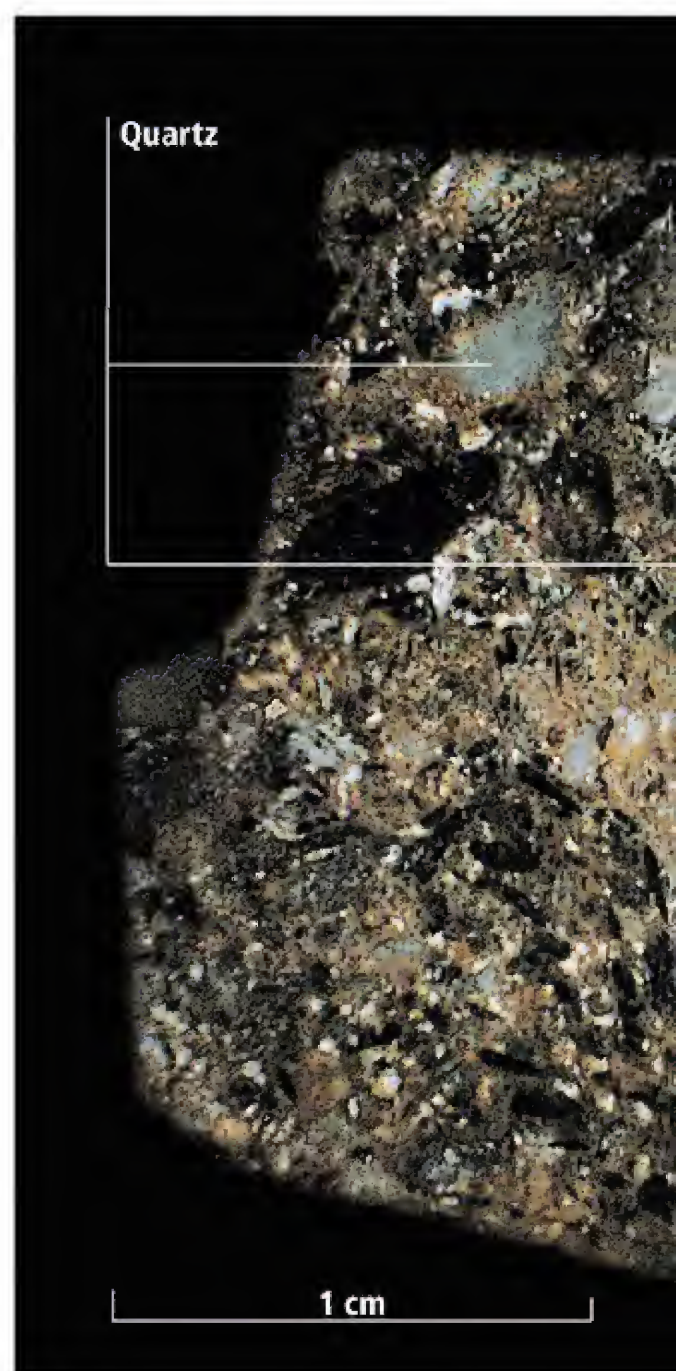
Le mortier est généralement constitué de deux tiers de sable pour un tiers de chaux, mais ces proportions peuvent sensiblement varier selon la qualité de la chaux et du sable. L'eau est ajoutée au mélange, qui est longuement travaillé, afin d'obtenir une pâte homogène. Après la mise en œuvre, la chaux aérienne fait prise lentement (en plusieurs semaines, voire en plusieurs mois). Le mortier présente donc une certaine souplesse au cours de l'édification des murs : les pierres placées, assise après assise, s'ajustent les unes aux autres au cours du séchage progressif de la maçonnerie qui présente ainsi une bonne stabilité.

Pour les enduits de surface, les mortiers employés sont réalisés avec un soin particulier. On utilise une chaux en général de meilleure qualité que celle qui entre dans la fabrication des mortiers de liaison : elle contient moins de nodules de chaux, c'est-à-dire de grains résiduels, non

dissous dans la matrice. Le sable aussi est plus fin. Il est soit puisé naturellement sous cette forme, soit tamisé à partir de sable ordinaire. À la cathédrale Saint-Étienne d'Auxerre, par exemple, les mortiers des joints « rubanés » de la crypte et l'enduit qui les recouvre appartiennent à la même phase de travaux, comprise entre 1030 et 1100. Ces deux matériaux intègrent un sable alluvionnaire puisé près de l'Yonne qui coule en contrebas de la cathédrale. Le mortier des joints « rubanés » contient des nodules de liant, tandis que l'enduit qui le recouvre n'en contient pas. La chaux sélectionnée pour ce dernier est donc d'une qualité supérieure, ce qui permet d'éviter les effets indésirables de la présen-

La main à la pâte

L'étude des mortiers est aussi celle du savoir-faire des ouvriers : leur façon de les préparer, de s'adapter aux contraintes géologiques... (Pièce d'orfèvrerie, Limoges, XII^e siècle.)



humbles et diserts

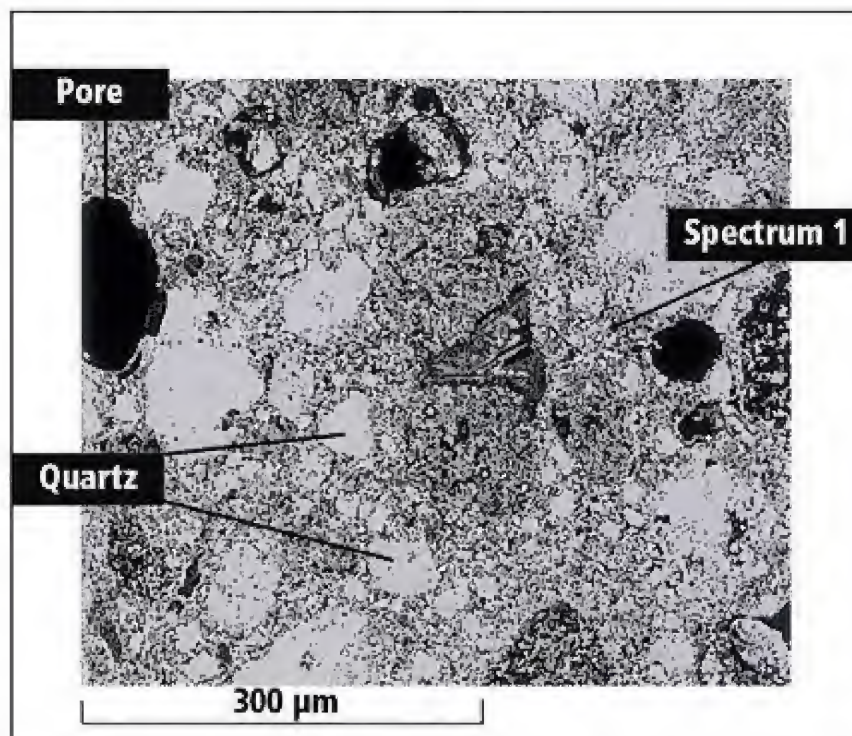


Schiste

Nodules de chaux

« Pour voir au cœur du mortier »

L'échantillon est inclus dans une résine, puis scié et poli. On peut alors étudier sa composition, à l'œil nu ou à la loupe (cathédrale de Saint-Jean de Maurienne, XI^e s.).



Pore

Spectrum 1

Quartz

300 µm

ce de nodules : une chaux mal cuite et mal éteinte s'hydrate lorsqu'elle est appliquée sur le mur, mélangée au sable. En s'hydratant, elle produit des boursouflures qui fissurent et désagrègent la surface de l'enduit. Ces effets sont moins regrettables dans un mortier de joint ou de

température (dès 130 °C), puis mélangée à l'eau, ne sert pas seulement d'enduit de surface. Elle recouvre aussi les plafonds et les planchers qu'elle protège des incendies. Au XII^e siècle, le moine Théophile lui consacre d'ailleurs un chapitre dans son traité, « Pour blanchir les sur-

Sur un même édifice, la qualité du sable varie de façon significative

remplissage, qui n'est pas destiné à former une surface lisse et uniforme, recevant soit un badigeon de finition, soit une peinture.

Au Moyen Âge, dans les régions où l'on trouve du gypse, on fait également appel au plâtre. La pierre de gypse, cuite à faible

température (dès 130 °C), puis mélangée à l'eau, ne sert pas seulement d'enduit de surface. Elle recouvre aussi les plafonds et les planchers qu'elle protège des incendies. Au XII^e siècle, le moine Théophile lui consacre d'ailleurs un chapitre dans son traité, « Pour blanchir les sur-

faces et le bois avec le gypse ». Deux termes coexistent à l'époque pour désigner le plâtre : « *gypso* » et « *plastro* ».

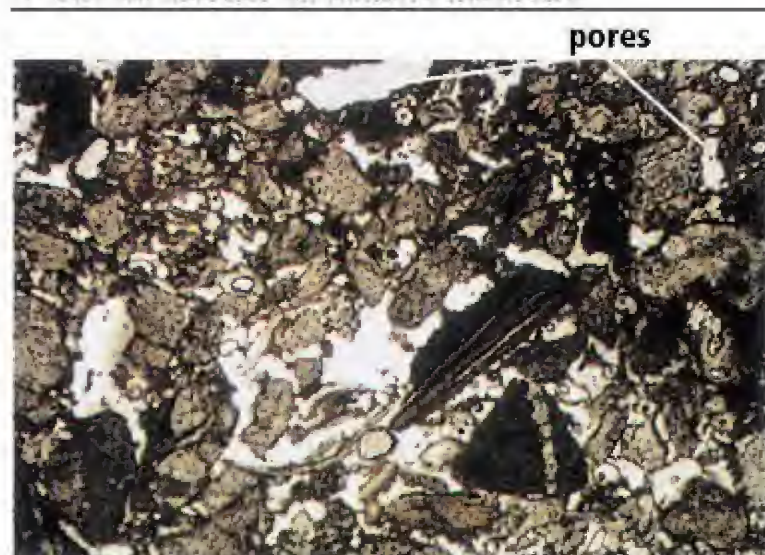
Saint-Jean de Maurienne, qui est édifée et décorée entre 1030 et 1080, et où l'on peut voir la mise en œuvre d'un mortier « bâtard ». Ce dernier est en fait un mélange de plâtre et de chaux. Notons que le plâtre y a également été utilisé sous la forme d'enduit de surface et de badigeon associé à des peintures.

Sur un même édifice, la qualité du sable employé varie de façon significative. Dans les mortiers de fondation, la charge est souvent grossière avec des grains de grande dimension. À mesure qu'on s'élève, la granulométrie diminue même si le sable est de même nature. Dans les parties basses, appelées à être recouvertes de terre, les joints sont plus épais et les maçonneries plus grossières, de sorte que l'on peut facilement employer un mortier graveleux. Les parties basses de l'édifice reçoivent, en outre, la charge des murs et doivent présenter une résistance accrue à la pression, y compris les composants des mortiers. Dans les murs construits sur les fondations. →

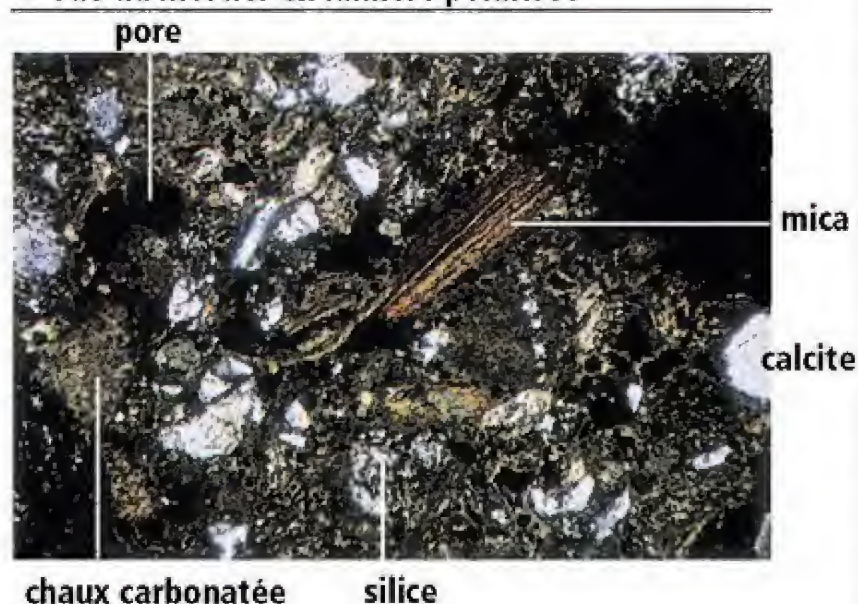
En s'appuyant sur des images

de microscopie, on peut analyser la composition chimique du mortier. On en identifie le liant et la charge, ici principalement du quartz. (Lame mince au microscope électronique à balayage.)

▼ Vue du mortier en lumière naturelle



▼ Vue du mortier en lumière polarisée



Sous différentes lumières

Le mortier, préparé en lame mince, est traversé par la lumière (naturelle ou polarisée). On peut ainsi en identifier les composants, c'est-à-dire le liant (plâtre ou chaux) et les figures (grains de sable et autres grains présents).

les parements visibles réalisés en appareil régulier, présentent des mortiers de joint de quelques millimètres à quelques centimètres d'épaisseur entre les pierres. Ce mortier soigné présente un mélange liant-charge de qualité convenable avec un sable de granulométrie réduite,

Pierre dure pour la chaux des mortiers, et tendre pour les enduits

afin d'être travaillé en couche mince et régulière.

Le remplissage, compris entre les parements extérieur et intérieur du mur, présente en revanche un mortier plus grossier. Celui-ci est à la fois pauvre en chaux et riche en sable et gravier de grande dimension, mélangé à de la terre et à des déchets de pierre. En effet, cette partie de la construction ne nécessite pas de soin particulier : le blocage intérieur est davantage assuré par les deux parements que par le matériau de remplissage lui-même.

Entre sable de carrière et sable de rivière, les traités de construction de l'Antiquité à la Renaissance énoncent des recommandations claires : le premier pour les mortiers, le second pour les enduits. Le sable de mer, lui, est toujours déconseillé en raison du sel qu'il contient, et qui désagrège les mortiers après leur mise en œuvre.

Choisir sa matière première

Quant aux pierres propres à la fabrication de la chaux, Isidore de Séville les classe en deux catégories : les pierres dures pour la chaux destinée aux mortiers et les pierres tendres pour la confection des enduits. Tout en fournissant une chaux remarquable, le marbre, un calcaire de grande qualité, est généralement réservé à des usages plus nobles.

La chaux figure sous la dénomination générique de « *calce* », dans le compte de l'œuvre de la cathédrale de Rodez, par exemple, ou les extraits de compte de fabrique de la cathédrale Saint-Lazare d'Autun. En France, cependant, ses caractéristiques (chaux vive ou chaux éteinte) sont rarement précisées, à la différence de l'Italie où l'on trouve dans des textes similaires une grande variété de dénominations techniques précises.

est débarrassé de ses impuretés par le transport de l'eau, il est présent sous différentes granulométries dans les couches de dépôts alluvionnaires, ce qui permet de le sélectionner selon l'usage qu'on veut en faire.

Lorsque le chantier est situé loin d'un cours d'eau, ou qu'une sablière est plus proche, on choisit le sable de carrière. Dans certains cas, il faut le laver pour le débarrasser de toute trace de terre et de végétaux. Si on ne le fait pas, le mortier qu'on obtient n'a pas la tenue et la résistance voulues et s'effrite rapidement.

L'analyse des mortiers et des enduits ouvre des perspectives nouvelles sur la compréhension des cathédrales et la mise en œuvre de leurs chantiers. La caractérisation de ces matériaux, en lien avec l'étude géologique du site et de ses abords, permet à la fois de déterminer la nature et la provenance des matières premières. La comparaison des échantillons archéologiques avec les textes permet de mesurer la distorsion qui existe entre le savoir théorique et le savoir-faire du chantier, entre l'exemple type et le résultat concret, soumis aux contraintes géographiques et géologiques.

Dans le cas des mortiers et des enduits, pour les cathédrales comme pour les autres grands édifices religieux, la qualité des matières premières dépend et des ressources locales et du savoir-faire des ouvriers. Une région disposant de pierre calcaire de bonne qualité aura plus de disposition à obtenir une chaux de bonne qualité, à condition toutefois que le chauxfournier et les ouvriers qui préparent le mortier disposent eux-mêmes d'un savoir-faire de bon niveau. S'agissant d'apprécier les liens entre le chantier et les ressources naturelles locales, autant que le savoir-faire des ouvriers-maçons médiévaux, la construction des cathédrales constitue une source privilégiée d'informations.

LES CAHIERS SCIENCE & VIE

HISTOIRE ET CIVILISATIONS

Pourquoi et comment
les hommes sont
devenus artistes

AUX ORIGINES DE L'ART

LES MOMIES SONT LOQUACES

Avec les progrès techniques, elles nous en disent toujours plus sur leur époque.

LA SAGA DE QUMRÂN CONTINUE



Les manuscrits de la mer Morte entre vrai et faux.

TIWANAKU UN TEMPLE PRÉ-INCA RESSUSCITÉ



En ruine, il est reconstitué par impression 3D.

Actuellement en vente
chez votre marchand de journaux ou en ligne sur



Disponible sur
KiosqueMag.com





Depuis quelques années

on tente de mieux évaluer et de mieux comprendre la place du fer dans l'architecture gothique. L'édification de la cathédrale de Ratisbonne, en Bavière, aurait exigé près de 40 t de fer, dont 13,5 t pour les seuls vitraux.

E. TREMEL - AKG PARIS

La marque du fer

Le temps des cathédrales demeure, incontestablement, celui de l'introduction massive du fer dans la construction. Pour soutenir les vitraux ou renforcer les éléments architecturaux, il entre de plain-pied dans la structure nouvelle des bâtiments gothiques.

L'utilisation du fer dans la construction gothique fait l'objet d'importantes remarques de la part de Viollet-le-Duc, en particulier dans les articles « armature » et « chaînage » de son *Dictionnaire raisonné de l'architecture française*, parus entre 1854 et 1868. Si son jugement reste très réservé quant à certains usages, il souligne néanmoins l'importance de ce métal à la fois pour soutenir les vitraux et renforcer les structures architecturales. Peu après le début du XX^e siècle, la question, cependant, n'attire guère les chercheurs. Sans doute la vision d'alors de l'art gothique, art de la pierre dont les chefs-d'œuvre se seraient expliqués par une parfaite maîtrise des masses lithiques, supportait-elle assez mal l'idée que ces mêmes chefs-d'œuvre aient eu besoin de renforts métalliques pour assurer leur stabilité. Partant de là, tout usage du fer était par conséquent passé sous silence.

Depuis une vingtaine d'années cependant, la question ressurgit en France, mais aussi en Angleterre et en Allemagne. Architectes, historiens, archéologues et métallurgistes unissent leurs efforts pour mieux comprendre la place du fer dans l'architecture gothique et la manière dont son utilisation s'insère dans un système technique et un contexte économique.

Malgré l'intérêt de leur étude, nous laisserons de côté l'utilisation massive des clous ainsi que les travaux de serrurerie, pourtant à l'origine de quelques chefs-

d'œuvre, à l'instar des magnifiques peintures du portail Sainte-Anne de Notre-Dame de Paris. Nous ne retiendrons, en fait, que les éléments de fer ayant tenu une place spécifique dans l'architecture gothique.

Le fer dans le vitrail

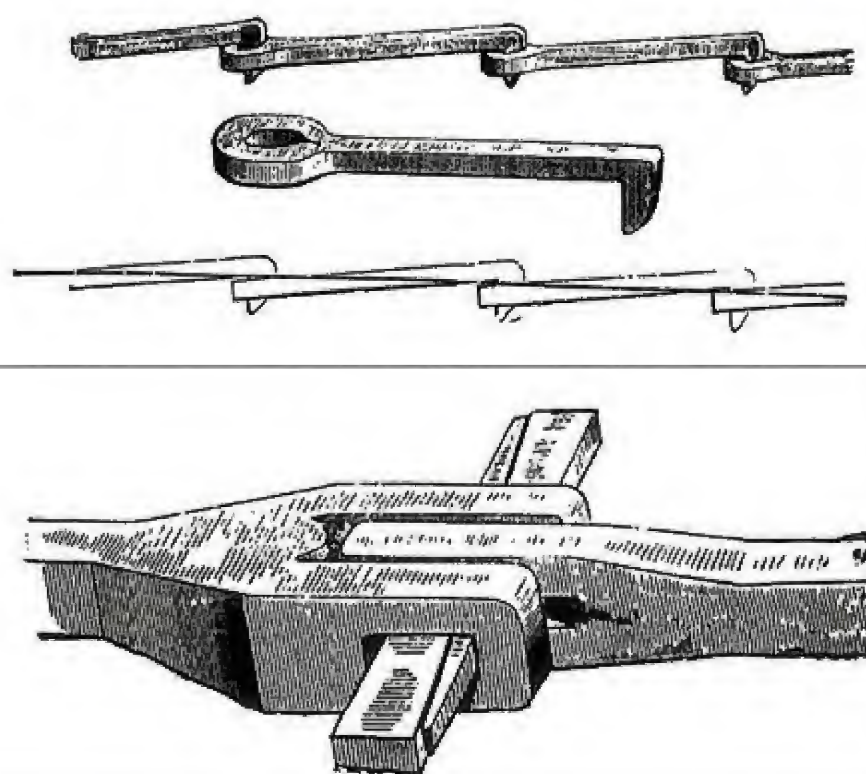
Grâce à l'utilisation de la voûte sur croisée d'ogives et des arcs-boutants, la structure nouvelle des églises gothiques libère de considérables espaces. De fait, ces derniers permettent une extension des vitrages dans des proportions jusque-là insoupçonnées. Si les bas-côtés des églises sont percés de larges fenêtres, dans la partie haute de la nef, s'ouvrent désormais des baies

atteignant des dimensions considérables. Elevées vers 1200, les baies des fenêtres hautes de Chartres possèdent une surface de 13,75 m²; 60 ans plus tard, dans le chœur de Beauvais, elles atteignent 110 m².

Confectionnés à partir de pièces de verre de couleur, assemblées au plomb, les vitraux ne doivent leur existence qu'au support d'une armature de fer. Des barres horizontales, les barlotières, scellées dans les montants de pierre des fenêtres, soutiennent →

Par Paul Benoît

Longtemps, l'usage du fer fut passé sous silence



Pour consolider les constructions,

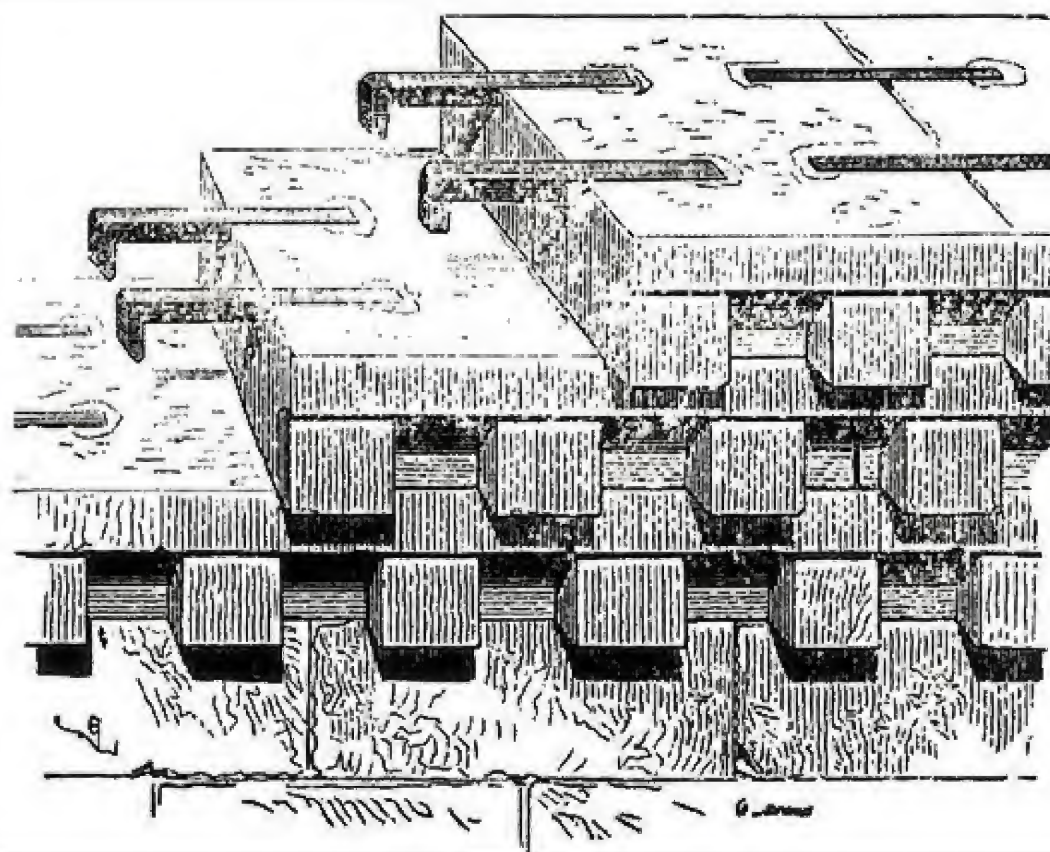
une solution consiste à utiliser des crampons de fer pour lier les pierres entre elles (comme dans la corniche du chœur de Notre-Dame de Paris, au milieu). Un autre système, novateur, s'appuie sur des chaînes qu'on encastre dans la pierre pour résister aux tractions (à gauche, assemblage du chaînage du chœur de la cathédrale d'Amiens). Au XIII^e siècle, la Sainte-Chapelle de Paris s'est pourvue de ceintures de fer. À droite, chaînage à la naissance des voûtes. (Des-sins E. Viollet-Le-Duc.)

→ les panneaux de verre. Sur les barlotières, sont soudés des tenons qui traversent à la fois le vitrail et une mince feuille métallique de longueur et de largeur identiques à la barlotière, le feuillard. De minces barres horizontales, attachées au vitrail par des liens de plomb, les vergettes, elles, assurent une rigidité supplémentaire à l'ensemble.

À ce système simple de barlotière horizontale, se substituent parfois des ouvrages de fer forgé plus élaborés participant au décor. Ce type d'armatures s'est surtout développé au XIII^e siècle, à la Sainte-Chapelle de Paris par exemple. Pour réaliser les armatures de vitraux, les serruriers emploient essentiellement des produits longs, des barres de la section des barlotières ou des feuilles plus minces.

Le fer dans la structure des bâtiments

L'ouverture des immenses fenêtres des cathédrales gothiques est issue de l'évidement des murs. Néanmoins, la recherche d'espace et de lumière conduit les bâtisseurs à adopter des solutions de plus en plus audacieuses, qui, parfois, défient les lois de la pesanteur. Pour garantir la stabilité des bâtiments et consolider les éléments porteurs, ils utilisent donc le fer en abondance.



Ils recourent ainsi à des systèmes éprouvés, tels que les crampons, généralement scellés au plomb et liant les pierres entre elles. C'est le cas des pierres des corniches de Notre-Dame de Paris.

Dès le XII^e siècle cependant, apparaissent des solutions beaucoup plus novatrices. Les bâtisseurs utilisent en effet des chaînes, généralement constituées de pièces de fer de plusieurs décimètres de longueur. L'une des extrémités de la chaîne comporte un crochet, l'autre une ouverture permettant d'insérer le crochet. La chaîne est généralement encastree dans la pierre, à l'intérieur d'un lit de plomb. Le système permet ainsi de résister aux tractions et d'éviter des catastrophes. C'est le cas à Beauvais, après l'effondrement, en 1284, d'une partie des voûtes du chœur – alors les plus hautes d'Europe, à 47 mètres au-dessus du sol – et à Amiens, où, au XV^e siècle, un chaînage, installé autour du chœur, vient prévenir l'écartement des piles. Ces chaînages ont, ici, servi à des consolidations. Mais le plus souvent, l'étude du bâti montre qu'ils appartiennent, comme à Bourges, à la construction d'origine.

La Sainte-Chapelle de Paris constitue sans doute le meilleur exemple d'emploi des chaînages dans la construction du

XIII^e siècle. Sous les appuis des fenêtres de la chapelle haute et au-dessous de la corniche supérieure, des chaînes, formées d'éléments s'agrafant les uns aux autres, ceignent l'édifice. En outre, des barres de section carrée, de 5 cm de côté, renforcent la chapelle haute au niveau de la base des chapiteaux et au milieu des grandes fenêtres, où elles s'intègrent aux armatures des vitraux. Construite sur un espace restreint, la Sainte-Chapelle ne peut s'appuyer sur un système d'arcs-boutants ; très élevée et extrêmement vitrée, elle a donc dû, plus qu'aucun autre édifice de la première moitié du XIII^e siècle, s'armer de plusieurs ceintures de fer.

Aux chaînages, s'ajoutent des tirants. Il s'agit de barres de fer, le plus souvent carrées, de quelques centimètres de côté. Ancrés dans les murs, ils résistent aussi bien aux efforts de traction que de compression. Ils apparaissent très tôt dans les chœurs de Vézelay et de Noyon, où ils lient les colonnes aux murs extérieurs au niveau des chapiteaux de la tribune. À l'instar des chaînages, ils peuvent apparaître lors de modifications du bâtiment, comme à Prato, où une voûte est venue remplacer le plafond de bois. Mais, généralement, ils appartiennent au projet ini-

tial. Bien visibles, les tirants traversent parfois la nef dans toute sa largeur : c'est le cas à Saint-Leu-d'Esserent ou dans l'immense nef de la cathédrale de Florence, où ils contiennent les forces qui, sous le poids de la voûte, tendent à écarter les murs latéraux. Cachés, ils consolident l'édifice en des points critiques : à Bourges, les constructeurs ont ainsi implanté des tirants de fer sur l'extrados des murs diaphragmes des nefs latérales. Enfin, extérieurs, ils peuvent doubler des arcs-boutants où les relier entre eux, comme à Beauvais, la plus haute et la plus élancée de toutes les cathédrales édifiées au XIII^e siècle.

Prélevés à Beauvais et au château de Vincennes, certains échantillons montrent que le fer utilisé n'est pas nécessairement homogène. La teneur en carbone varie en effet dans le même échantillon et la présence de nombreuses inclusions manifeste un corroyage, c'est-à-dire un martelage à chaud, peu poussé. Il semble que les innovations relatives aux techniques de travail du fer aient en fait conduit les utilisateurs à rechercher un matériau efficace mais relativement bon marché. Même si l'absence de comptabilités pour la période ne peut en attester, il est clair que le prix du fer influe sur celui de la construction. Que ce soit pour les vitraux ou pour armer les structures architecturales, les bâtisseurs de l'époque gothique ont en effet besoin de très grandes quantités de fer. Selon le chercheur allemand Walter Haas, la cathédrale de Ratisbonne aurait ainsi demandé quelque 40 tonnes de fer, dont 13,5 pour les seuls vitraux. Dans la même ville, l'église des Dominicains, datée du XIII^e siècle, a exigé environ 5 tonnes de fer, dont 3,5 pour les vitraux. Et en France, les évaluations effectuées pour certaines cathédrales indiquent des ordres de grandeur tout à fait comparables.

Ces quantités de fer, déjà colossales, apparaissent plus impres-

sionnantes encore lorsque l'on sait qu'elles sont issues de la réduction d'oxyde de fer. Dans ce processus, le minerai est placé dans un four, ou bas fourneau, fonctionnant au charbon de bois. La combustion de ce charbon fournit à la fois la température et le carbone nécessaire à la réduction de l'oxyde de fer. Au terme de quelques heures, les métallurgistes extraient du bas fourneau une loupe, composée de fer métallique, mais aussi de scories et autres déchets qu'il faut

le courant du siècle, au moment où se développe l'architecture gothique et où apparaissent les premiers usages massifs du fer dans la construction, une innovation décisive, le marteau hydraulique, transforme radicalement les conditions de production. Remplaçant celle de l'homme, la force de l'eau permet de soulever des marteaux plus lourds et plus rapides, parfaitement adaptés à la production des barres que la forge de chaque chantier se charge ensuite de

Dans un même échantillon de fer, la teneur en carbone peut varier

battre à chaud, cingler, afin d'obtenir un lingot. Celui-ci est ensuite martelé à la forge pour être transformé en barres. Même si beaucoup d'incertitudes demeurent quant aux productions au XIII^e siècle, on estime qu'une opération de réduction fournit, au mieux, une vingtaine de kilos sous forme de barres.

Des débuts de la réduction du fer, au cours du second millénaire avant notre ère, jusqu'au XII^e siècle, la force des hommes fournit toute l'énergie indispensable au martelage. Mais dans

mettre à leur forme définitive. Le produit semi-fini, indispensable au développement de l'architecture gothique, est désormais disponible.

Après les églises, les bâtiments laïques vont, eux aussi, utiliser le fer en abondance. C'est ainsi le cas des tours et du donjon du château de Vincennes, de la colonnade du Louvre, littéralement accrochée, au XVII^e siècle, à la construction antérieure par des liens de fer, ou du Panthéon, dont la structure s'écroulerait sans armature métallique. ■

Les tirants, barres de fer carrées, appartiennent souvent à la construction d'origine. Bien visibles à la cathédrale de Florence, ils traversent la nef dans toute sa largeur. Sans eux, les murs tendraient à s'écarter sous le poids de la voûte.



L'art nouveau des hautes charpentes

Par Max Polonovski

Invisible et peu accessible, la charpente n'a pas, jusqu'à l'étude récente de l'archéologie médiévale, suscité d'intérêt particulier. Pourtant, les progrès de ses techniques n'ont rien à envier à ceux qu'a connus la construction des maçonneries.

La France, riche en forêts, est un pays où la tradition du travail du bois a toujours été vivante. Pourtant, le domaine de la charpente, dans l'archéologie moderne, apparaît comme relativement secondaire. Plusieurs raisons expliquent cette relative désaffection. L'histoire de l'art et l'archéologie médiévale sont des sciences récentes, et l'un des pionniers qui a donné un contenu technique à l'étude de la construction au Moyen Âge, Viollet-le-Duc, a institué la primauté de la pierre, comme technique française, génératrice des cathédrales, chefs-d'œuvre de cette période.

Une autre raison, qui tient à l'évidence, est le fait que la charpente est invisible et peu accessible. Cachée par la couverture, elle était souvent remaniée, du fait des incendies ou des travaux de consolidation. C'est donc un travail ingrat que celui d'effectuer les relevés dans l'obscurité, la poussière, les fientes de pigeons. Ainsi, délaissée par les historiens de l'art et les archéo-

logues, l'histoire de la charpente n'a bénéficié des travaux que de quelques architectes ou charpentiers, tels Henri Deneux, Jean Rocard, Marcel Le Port.

Le développement des techniques de la charpente a connu cependant la même évolution et les mêmes progrès que la construction des maçonneries. Confrontés à la recherche de hauteur, au gigantisme des cathédrales, au cours des XII^e et XIII^e siècles, les charpentiers ont adapté les structures destinées à couvrir des surfaces de

fibreuse, est résistant à la traction, un trop fort fléchissement risque d'entraîner sinon sa rupture, du moins la désarticulation de la structure.

De l'économie du bois

Le principe de la charpente repose sur la triangulation. Ce système, composé de deux chevrons se rejoignant au sommet et maintenus à leur base par un entrail, est prédominant au Moyen Âge et appliqué dans la construction des cathédrales. Cette « charpente à chevrons » est un gros consommateur de bois. Une des caractéristiques de l'évolution de la charpente, pendant les trois ou quatre siècles qui nous occupent, sera la recherche d'économie du bois. Plus la hauteur des cathédrales augmente, plus les chevrons doivent être longs, et plus les entrails doivent être de forte

Des surfaces toujours plus larges, des volumes toujours plus vastes

plus en plus larges, des volumes de plus en plus vastes.

Le rôle d'une charpente est de recevoir une couverture destinée à protéger le bâtiment des intempéries. Le défi auquel étaient confrontés les charpentiers était de construire une toiture pouvant supporter des matériaux de couverture extrêmement pesants, tels le plomb et l'ardoise. Si le bois, matériau

section. Les pièces de bois sont taillées au cœur de l'arbre : de ce fait, la consommation en forêt est de plus en plus coûteuse.

Très vite, à partir du XII^e siècle, on ne met plus d'entrails que tous les cinq ou six chevrons dans les édifices de taille importante. Pour compenser les entrails qui assurent la triangulation, les chevrons s'appuient sur des sablières doubles : celles-

Le défi des charpentiers

Matériau fibreux, le bois de la charpente doit pourtant supporter une couverture pesante, constituée d'ardoise et de plomb (cathédrale de Bourges). ▼

Dans l'antre du Bossu

Achevée en même temps que les murs latéraux, la charpente de Notre-Dame de Paris a permis de terminer les voûtes à couvert. ►



Une structure renforcée

Pour lutter contre les déformations, les poutres horizontales sont liées entre elles par d'autres pièces de bois, soutenues par des croix de Saint-André. ►

ci reposent sur les murs gouttereaux qui assurent une liaison longitudinale. À l'inverse, l'écartement entre les chevrons se réduit, car le lattis qui repose dessus et reçoit la couverture résiste peu au poids de celle-ci.

Le vent, dont le rôle n'est pas négligeable sur des surfaces considérables, de même que le poids de la couverture, rendent bientôt nécessaire de consolider la structure. D'abord, un poinçon, bissectrice de l'angle formé par les chevrons, vient soutenir l'entrait en son milieu ; puis, des faux-entraits renforcent la structure triangulaire en soulageant les chevrons.

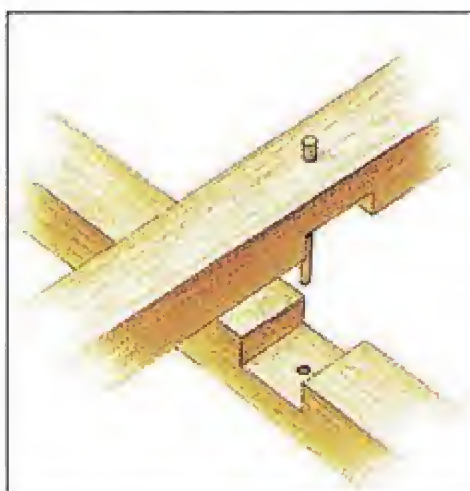
Mais bientôt, on ajoute des contreventements dans le sens longitudinal : des sous-faîtages, pièces de bois réunissant d'abord les faux-entraits entre eux. Ces derniers sont consolidés par des croix de Saint-André, puis, à la fin du XIII^e siècle, le faîtage, étape ultime du renforcement longitudinal, réunit tous les chevrons à leur sommet.

À l'abandon des constructions monumentales à la fin du Moyen Âge, correspond une évolution dans l'art de la charpente. Le système à fermes et pannes, plus économique en bois, va remplacer les charpentes de l'époque précédente. ■ →

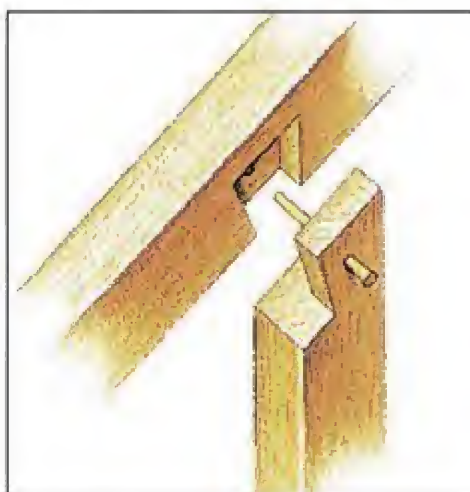


Les assemblages

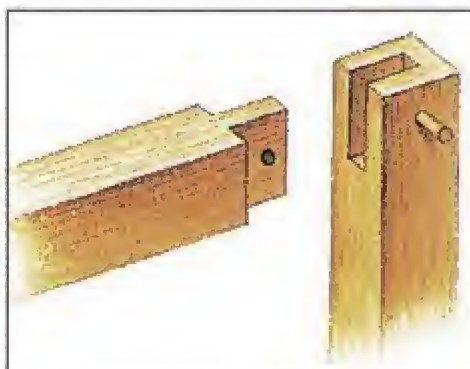
Les assemblages jouent un rôle essentiel dans la charpente. La manière de maintenir des pièces de bois entre elles a aussi fait l'objet d'une relative évolution. Généralement, le maintien des pièces est renforcé par des chevilles. Un grand soin est apporté au choix des bois. Toujours du chêne, chaque pièce est formée du cœur de l'arbre, purgé de l'aubier (partie tendre qui se forme chaque année entre le cœur et l'écorce).



Mi-bois. Technique permettant l'assemblage de deux pièces sans provoquer de surépaisseur. C'est le cas général pour l'assemblage des entrails ou des blochets dans une sablière.

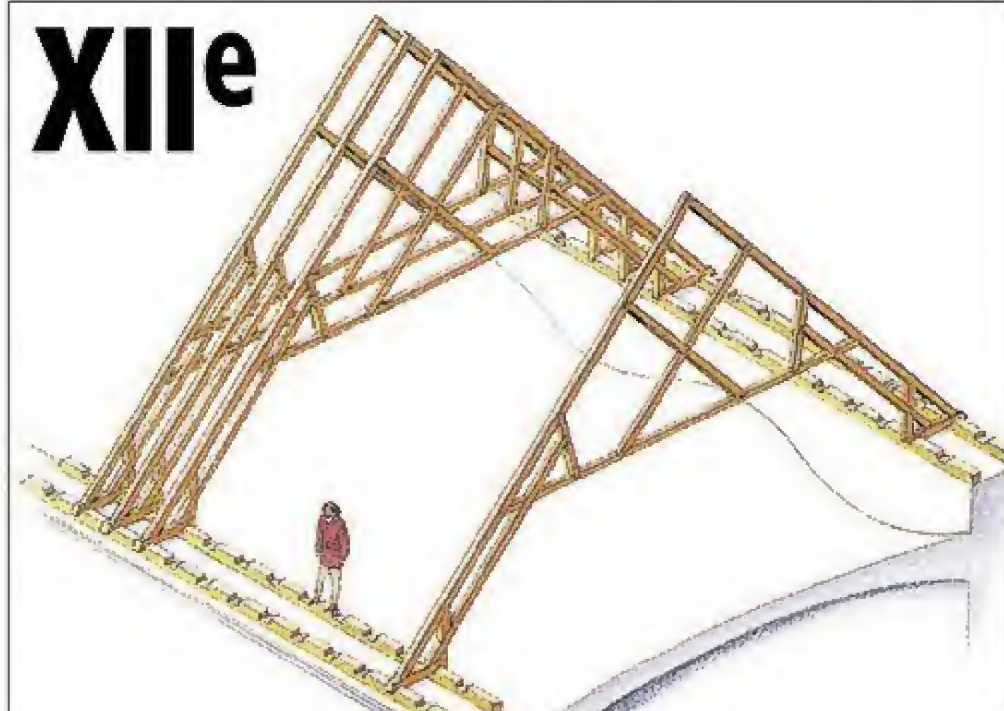


Queue d'aronde ou demi-queue d'aronde. Selon la technique du mi-bois, cet assemblage permet à une pièce d'éviter, par sa forme en queue d'hirondelle, de sortir de sa position et de résister à la traction.



Tenon et mortaise. Apparue dès le X^e siècle, cette technique devient la seule usitée à partir du XIV^e siècle. La pièce mâle, le tenon, entre dans la mortaise, au cœur de l'autre pièce, évidée pour la recevoir.

XII^e



Lisieux

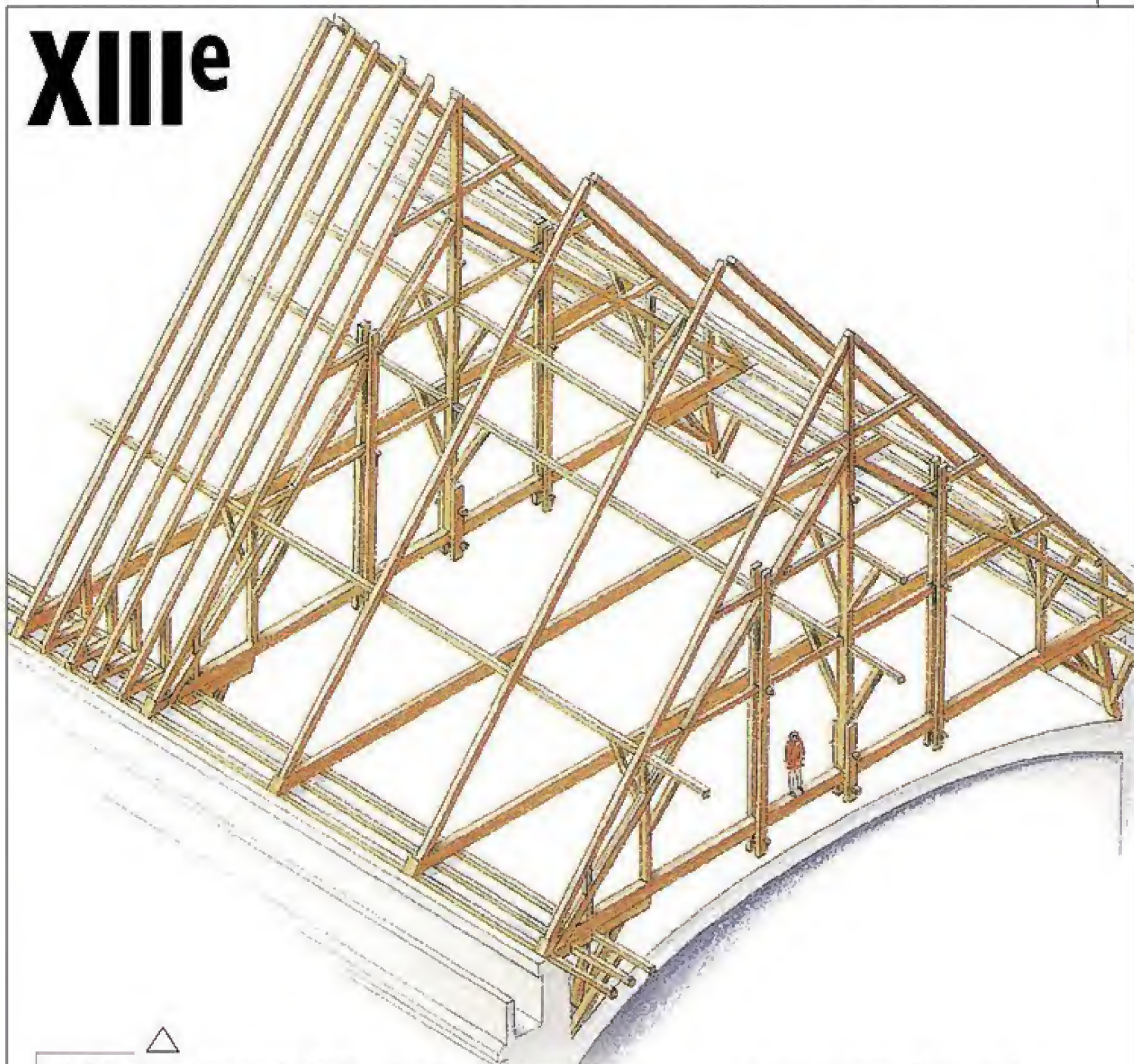
Il est probable que la charpente date de la moitié du XII^e siècle. Elle fut peut-être touchée par un incendie en 1136, lors du siège de la ville, relaté par Orderic Vital : quoi

qu'il en soit, son évêque, Arnoul, conduit à la démission en 1182, justifiait son action en précisant : « *Moi qui aie fait rebâtir la cathédrale en partie à mes frais* ». Les entrails sont présents

tous les huit chevrons. Des blochets remplacent les entrails et servent à maintenir les pieds des chevrons sur les sablières. Les chevrons sont doublés sur leur moitié inférieure, jusqu'au

faux entrail. Une croix de Saint-André consolide latéralement le triangle formé par le faux-entrail et la partie supérieure des chevrons. Les assemblages sont à mi-bois et à demi-queue d'aronde.

XIII^e

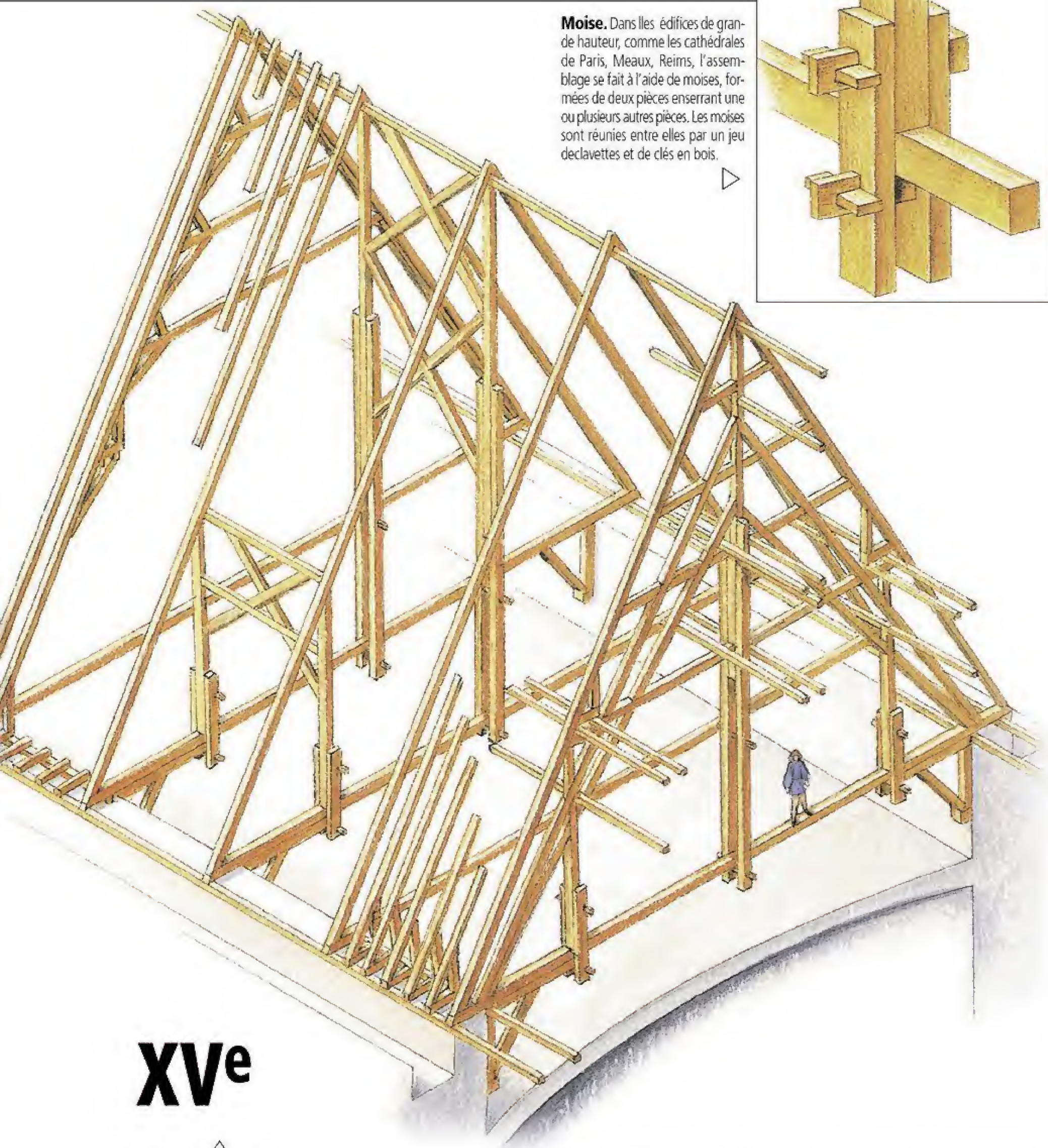


Nef de Notre-Dame de Paris

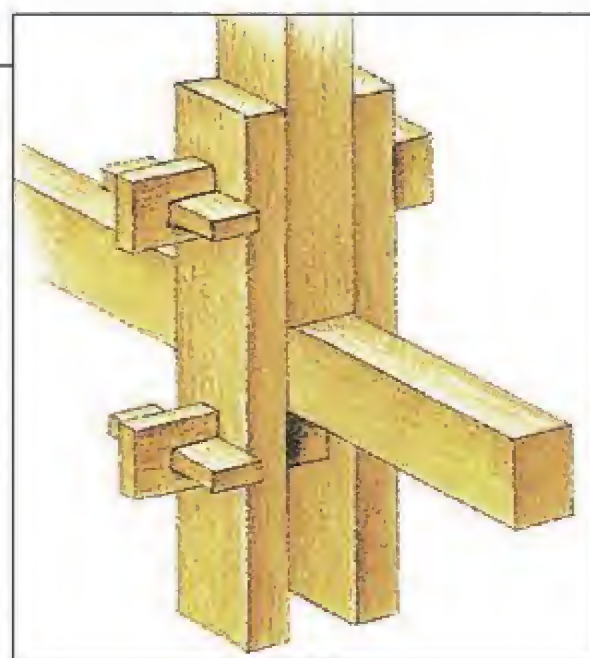
La nef de la cathédrale fut reconstruite à partir des années 1170. La charpente doit donc dater de l'achèvement des murs gouttereaux, qui permettaient de protéger la fin du chantier et de terminer les voûtes à couvert.

Les fermes principales sont pourvues d'un entrail (tous les cinq chevrons), soulagé par un poinçon. Celui-ci est maintenu par deux pièces obliques, véritables arbalétriers. Enfin, le tout (arbalétriers, faux-entrails et entrails) est moisé par des pièces verticales,

moises pendantes, fixées par des clavettes. Sur le plan longitudinal, quatre sous-faitages joignent les faux-entrails entre eux. Des aisseliers, pièces de renfort obliques apparaissant au début du XIII^e siècle, les soulagent de part et d'autre des poinçons.



Moise. Dans les édifices de grande hauteur, comme les cathédrales de Paris, Meaux, Reims, l'assemblage se fait à l'aide de moises, formées de deux pièces enserrant une ou plusieurs autres pièces. Les moises sont réunies entre elles par un jeu de clavettes et de clés en bois.



XVe

Partie orientale de la nef de la cathédrale de Reims

Datant de la fin du XV^e siècle, la charpente de la cathédrale de Reims marque l'apogée de la technique du travail du bois au Moyen Âge. Reconstituée après un incendie en 1481, cette première partie, chœur, transept et travées

orientales de la nef, est l'œuvre de Collard Lemoyne (les dernières travées de la nef seront réalisées par Pierre de la Forest, à partir de 1487, sur des plans légèrement différents). Détruite par les Allemands pendant la Première Guerre mondiale, elle n'est plus connue aujourd'hui que par les relevés de H. Deneux. La hauteur atteinte impliquait des

chevrons de 15,70 m et des entrails de 15,35 m, formant ainsi une structure des plus complexes. Chaque ferme principale (pourvue d'un entrail) possède un poinçon maintenu dans un axe vertical par deux arbalétriers de chaque côté. Le premier faux-entrail, soutenu à ses extrémités par deux pièces verticales moisant l'entrail, forme

un portique qui dédouble ainsi la charpente, recevant à son tour deux cours de sablières, comme si elle commençait à nouveau au milieu des chevrons. Le contreventement longitudinal est assuré par de grandes croix de Saint-André sur deux niveaux, formant une trame quadrillée réunissant les poinçons, le faitage et les sous-faitages.



Des verriers à la corbeille?

Pour entretenir les vitraux des cathédrales, les artisans verriers avaient recours à un curieux dispositif : un panier, dit corbeille, et pouvant être hissé jusqu'à hauteur des zones à contrôler ou à réparer.

Par Françoise Perrot

L'historien de l'art Jean Lafond, se compose en effet d'éléments fragiles, nécessitant une surveillance régulière : du verre, découpé en plusieurs pièces selon les besoins de la composition, et maintenu en place par du plomb : de la peinture ou *grisaille*, avec laquelle le peintre verrier donne naissance aux formes ornant la surface des pièces de verre, et qui, selon sa nature, peut subir différentes altérations. Ensemble, ces principaux composants constituent

cette organisation semble d'ailleurs avoir perduré jusqu'au début du XIX^e siècle.

Arrêtons-nous ici sur la délicate question de l'accès aux œuvres et donc, de leur entretien. Sur ce point, le *Compte de l'œuvre de la cathédrale de Chartres*⁽¹⁾, couvrant l'année écoulée entre la Saint-Jean 1415 et la Saint-Jean 1416, nous fournit de précieux renseignements. À cette époque, en effet, une restauration d'envergure prévoit de retirer les cadres de bois, placés dans la

Vitrier et « acrobate »

Hissé et déplacé par un compagnon qui ne percevait que la moitié de son salaire, le vitrier procédait à l'entretien des vitraux installé dans une sorte de corbeille. Des trous dans les voûtes et un système d'accroche, sans doute situé dans les combles, devaient permettre de suspendre le dispositif devant les baies à restaurer.

Le vitrail médiéval fait l'objet d'un intérêt constant de la part du spectateur moderne. En ce sens, le désir de pérennité qui a accompagné sa mise en place au Moyen Âge est totalement accompli. Tous les donateurs, des plus modestes aux plus illustres, n'ont eu de cesse, en effet, de préserver ces œuvres remarquables. Ainsi en 1248, avant de s'embarquer pour la croisade, Louis IX a-t-il laissé deux actes relatifs à l'entretien des vitraux de la Sainte-Chapelle du palais qu'il venait de fonder à Paris. Sans ces diverses interventions, et compte tenu des destructions, la plupart des verrières ne nous serait jamais parvenue.

Cette « composition décorative, qui tire son effet de la translucidité de son support », explique

Un support translucide pour un jeu d'ombres et de lumières

l'unité de travail du verrier : le panneau. Une verrière en comporte donc plusieurs, insérés dans la baie et ceints d'une armature métallique, elle-même fixée dans la maçonnerie.

Le mode de surveillance des vitraux nous est encore relativement inconnu. Nous savons seulement que les grandes cathédrales s'attachaient les services permanents d'un *vitrier* :

1 - Publié par L. Merlet, en 1889.

feuillure des baies, et à l'intérieur desquels sont fixées les verrières. L'opération se déroule en trois phases : dépose et révision des panneaux de chaque verrière ; agrandissement de l'armature métallique ; percement, dans l'ébrasement des baies, de trous

Pérennité accomplie

Grâce aux interventions de nombreux donateurs, même modestes, la plupart des verrières nous sont parvenues intactes (cathédrale St-Julien, Le Mans).





Composition décorative

Chaque panneau, serti de plomb pour mieux séparer des couleurs et renforcer leur intensité, est inséré dans la baie et ceint d'une armature métallique fixée directement dans la maçonnerie. (Cathédrale Saint-Étienne, Bourges.)

destinés à recevoir les futurs montants de l'armature, scellés dans la maçonnerie. Devant chaque baie, haute ou basse, des échafaudages permettent aux artisans d'accéder aux panneaux. Mais, d'après un article de ce *Compte*, daté de la semaine de Toussaint 1415, les maîtres verriers disposent aussi d'un second moyen de « levage » : une corbeille, sorte de panier suspendu à la voûte. « À Yvonnet Pepin, pour un jour qu'il a servi ledit Périer et lui a aidé à mettre à pendre la corbeille, et à le monter et descendre tant comme il besognaît les dictes verrières de la dicte chapelle. »

L'opération citée ici n'ayant duré qu'une journée, il s'agissait probablement d'un examen, destiné à établir un devis de l'intervention, et non d'une restauration. D'ailleurs, le salaire du compagnon tenant la corbeille est celui d'un manoeuvre et correspond à la moitié de celui du verrier.

Ce texte demeure le plus ancien que je connaisse concernant la corbeille. Et il est probable que

ce système d'approche des vitraux s'est appliqué dès la construction de l'édifice, dans les deux premières décennies du XIII^e siècle.

Néanmoins, nombre d'incertitudes subsistent. Ainsi, la forme et l'ampleur de la corbeille nous sont encore inconnues. Quant à la manière dont elle était suspendue, nous ne disposons que de quelques indices, certains fournis par les bas-côtés de la

cée en 1485 et reconstruite vers l'extérieur par rapport à l'œuvre primitive. Cependant, dans la chapelle haute, le visiteur aura quelque peine à repérer les trous servant à la corbeille ou au luminaire. Ceux-ci, plus proches de la croisée d'ogives, sont en effet masqués par la peinture décorative de la voûte, entièrement renouvelée lors de la grande restauration du XIX^e siècle. En outre, dans les combles, au-dessus des

Unité de travail du verrier : le panneau de verre et de plomb

nef de Chartres. Dans la voûte en avant de chaque baie, on y aperçoit en effet un trou, chemisé de bois, sans doute pour protéger la corde des frottements contre la maçonnerie ; or, le même détail apparaît dans les ouvertures destinées à faire passer les cordes soutenant le luminaire ou les cloches.

Pour lever et faire coulisser la corbeille chargée de son occupant, il faut donc imaginer une poulie, placée sur le rein de la voûte et dotée d'un système permettant de bloquer la corde ; la corbeille est hissée au niveau désiré par un assistant, qui se charge de guider le verrier vers la droite ou la gauche, le haut ou le bas du panneau à restaurer. Vraisemblablement mobile, ce système pouvait donc être transporté et réinstallé à l'emplacement souhaité.

Témoins durables

D'autres édifices témoignent d'exemples de trous plus anciens : c'est le cas de la travée orientale du chœur de la cathédrale de Poitiers, que les travaux du Pr Blomme permettent de dater peu après le milieu du XII^e siècle.

On en trouve également dans les voûtes de la Sainte-Chapelle de Paris, consacrée en 1248. Trois de ces ouvertures subsistent en effet en avant des grandes verrières de la nef et devant l'emplacement de la rose primitive – cette dernière a été rempla-

voûtes, chaque trou non utilisé est coiffé d'un petit couvercle de bois.

Néanmoins, on sait que ce procédé a perduré longtemps après la période médiévale. Le 22 juillet 1575, Blaise Leblond, maître vitrier à Paris, rédige ainsi un devis pour la réparation des verrières de l'église Saint-Jean-en-Grève : « *Premièrement, mentionne le premier article, fault faire ung panneau neuf au cœur [chœur] et icelluy peindre selon la sene de la vître et mettre plusieurs aultres pièces aux vîtres [verrières] estans aud[it] cœur au lieu de ceulx qui sont cassés, et pour ce faire fault monter à la corbeille en plusieurs endrois.* »

En 1839, on trouve encore mention de cette technique pour la restauration des verrières de la Sainte-Chapelle de Paris, dont la consolidation va précéder la grande restauration menée par les architectes Duban et Lassus à partir des années 1840.

On le voit, cette technique de levage semble s'être illustrée bien au-delà de la seule période médiévale. Mais pour mieux en cerner tous les aspects techniques, il faudrait disposer d'indices et de témoignages permettant de décrire les systèmes employés pour lever les corbeilles. Or, nos recherches actuelles restent vaines. Mais qui sait ? Peut-être un jour découvrirons-nous que ce système n'était pas le seul apanage des verriers. ■



In situ

A Rouen, lors de l'élaboration des vitraux, les maîtres verriers installés dans des « chambres aux verriers », œuvraient sur le chantier même de la cathédrale.

Du souffleur à la rosace

1 Une esquisse du futur vitrail est réalisée à l'échelle 1/10^e.

2 Une seconde esquisse, agrandie à l'échelle d'exécution, détaille le vitrail panneau par panneau et fournit les premières indications de dessins et de couleurs.

3 Dans les ateliers des verreries, les « souffleurs » façonnent des feuilles de verre, d'environ 1 mètre de diamètre, teintées dans les couleurs préalablement définies. Les feuilles sont ensuite livrées aux « chambres aux verriers », installées sur le chantier même de la cathédrale – à Rouen par exemple – ou aux ateliers œuvrant à l'extérieur du site.

4 À l'aide d'une pierre dure, le verrier grave sur la feuille de verre les contours généraux des pièces à découper. Sur chacune de ces pièces, il crée ensuite un choc thermique en lui appliquant un fer rouge puis, immédiatement après, en l'arrosant d'eau froide. La pièce se détache alors de la feuille suivant les contours dessinés. Pour donner sa forme définitive au verre ainsi découpé, le verrier utilise un grugeoir ou – grésoir – sorte de petite pince permettant d'écarter la pièce pour lui donner ses contours définitifs.



5 Les pièces de verre sont provisoirement assemblées en panneau, sur une table blanchie à la craie – le « carton » – pour être peintes. La peinture, ou « grisaille », destinée à renforcer la couleur d'origine du verre, ou à colorer le verre blanc, se compose de poudre d'oxydes métalliques (cuivre ou fer) et de poudre de verre finement broyée, mélangées à de l'eau ou de l'urine.

6 Une fois peintes, les pièces sont déposées sur de petits plateaux de chaux morte, puis cuites au four afin de faire adhérer le décor au verre.

7 Réassemblé sur le « carton », chaque panneau est serti de plomb, préalablement fondu dans des moules de bois ou de plâtre. Celui-ci permet de séparer chaque couleur du motif et d'en renforcer les contours. Pour « pousser » les pièces à l'intérieur du sertissage de plomb, le verrier emploie le manche de son couteau de sertissage.



8 Les panneaux, de 60 cm x 40 cm en moyenne, sont assemblés dans la baie, dont l'armature métallique a été préalablement fixée par le serrurier.





Par Jean-Claude Bessac

Apparues au XI^e siècle, les sculptures de tailleurs de pierre au travail (ici, à Notre-Dame de Paris) fournissent quelques détails sur les caractéristiques techniques des outils employés.

Apparus dans l'Antiquité, les outils de taille ont disparu d'Occident dans le haut Moyen Âge. Ils sont progressivement réapparus au cours de l'époque romane et ont atteint leur apogée à la faveur de la construction gothique. À quoi ressemblaient-ils ?

Les études sur les outils des constructeurs de cathédrale ont débuté vers le milieu du XIX^e siècle. Leur évolution durant le Moyen Âge reste peu connue du public. On sait néanmoins qu'il a fallu adapter l'outillage aux exigences de l'architecture gothique, aux traditions corporatives régionales et aux particularités des pierres de chaque terroir (tauffeau, calcaires coquilliers ou fins, grès, granit, basalte). On sait aussi que les tailleurs de pierre ont adopté les nouveautés techniques en fonction des matériaux dont ils disposaient et les œuvres qu'ils réalisaient. Les bâtisseurs du Mont-Saint-Michel ont ainsi utilisé des outils différents de ceux de leurs collègues de

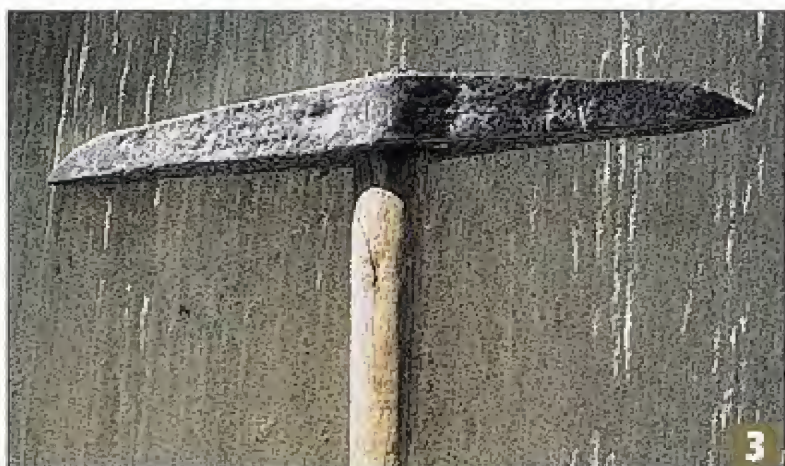
Canterbury, Clermont-Ferrand, Gérone, Strasbourg ou Prague. Pour expliquer le cheminement de cette recherche, détaillons-en maintenant les principaux caractères techniques.

Le témoignage des traces

Pour ce faire, nous disposons de divers témoignages : découvertes archéologiques, mentions dans les archives, représentations peintes ou sculptées, traces de taille et enquêtes au sein du métier. Les fouilles de sites médiévaux n'ont, elles, fourni que de rares exemplaires tardifs, issus de chantiers de fortification très différents de ceux des cathédrales. Quant aux textes anciens, ils sont, à ce sujet, souvent imprécis.

À partir du XI^e siècle, des représentations de tailleurs de pierre au travail compensent quelque peu ces lacunes. Mais il faut attendre les XIV^e et XV^e siècles pour voir apparaître, en nombre, des détails techniques réalistes. Une réserve demeure cependant : l'absence de représentations en perspective et la volonté de préserver le secret professionnel⁽¹⁾ empêchent d'en saisir toutes les particularités. Quant aux enquêtes auprès des professionnels de la pierre, elles permettent surtout de relier l'outil à l'homme et de comprendre les positions et gestes techniques, souvent complexes, se rapportant à chaque outil, à chaque

1 - O. Chapelot et P. Benoît (dir.), *Pierre et métal dans le bâtiment au Moyen Âge*, 1985.



Tailler, creuser, percuter

Munis de dents pointues, le marteau grain d'orge **1** et le peigne à grès **2** s'utilisent pour la taille des pierres dures. Dans la roche ferme et tendre, en revanche, le tailleur délimite le bloc grâce au grand pic **3**, qui lui permet de creuser des tranchées étroites et régulières. Pour fracturer le bloc, il utilise ensuite des coins de fer, qu'il percute à l'aide de massettes **4**. Grâce à ses deux tranchants, disposés à 90°, la polka **5** lui permet d'attaquer le bloc de front ou de biais.

taille

artisan et à chaque tâche.

Le plus constant et le plus précis des témoignages relatifs à ces outils reste donc leurs traces. Les lire et les comprendre correctement nécessite toutefois de s'aider des approches précédentes. Leur analyse se pratique toujours selon deux aspects complémentaires : l'observation de l'impact isolé pour définir la forme et les dimensions de l'extrémité active de l'outil ; l'étude de l'orientation et de la disposition générale des traces pour connaître le corps et la position du tailleur de pierre, ses intentions fonctionnelles ou ornementales, son efficacité et son expérience professionnelle.

L'information sur l'outillage gothique d'extraction et de débitage se limite surtout aux hypothèses émises à partir des traces retrouvées sur quelques rares fronts de carrière correctement datés. On y décèle un premier pic d'extraction, lourd, pointu et probablement assez trapu,

servant à creuser, autour d'un bloc de roches homogènes, des tranchées évasées – havages – et des saignées. Les traces étudiées en carrière prouvent la réapparition, vers le XIV^e siècle, d'un modèle de pic connu des carriers grecs : mieux adapté à l'extraction des roches fermes et tendres, un tranchant étroit, au corps affiné et allongé, permet de creuser des tranchées étroites et régulières, donc plus économiques. Pour fracturer le bloc là où il adhère encore au rocher, le carrier médiéval emploie la technique antique : muni d'une masse et de deux fines cales de fer ou de bois (paumelles), il force des coins de fer dans d'étroits trous (emboîtures) ou saignées (encoignures). Une fois le bloc extrait, les mêmes outils lui servent aux débitages secondaires.

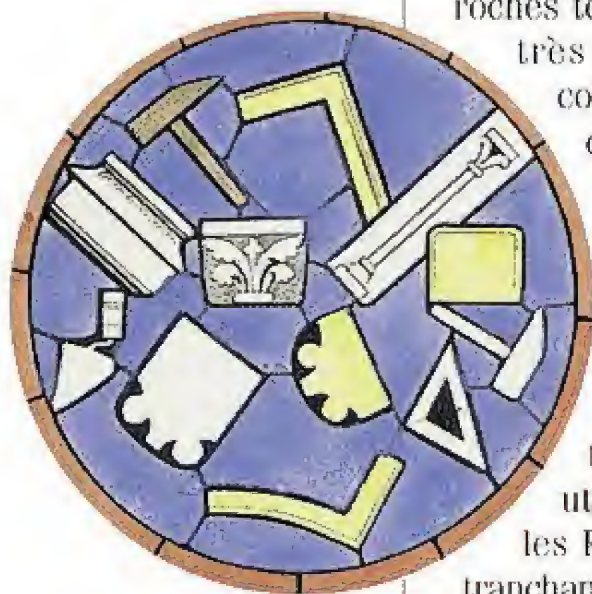
Dans les roches dures, naturellement séparées en bancs peu épais, le carrier utilise les coins

de fer pour provoquer des fissures. Lorsque la roche est franchement fracturée, il introduit alors une pince d'extraction pour faire levier : cette longue barre de fer forgé, à l'extrémité en sifflet, agit comme un coin et soulève le bloc vers sa face libre supérieure⁽²⁾. L'emploi de la scie n'a, lui, été identifié que pour des découpes très secondaires et de petites rectifications effectuées lors de la pose des blocs.

Un outillage adapté à la tradition et aux particularités des pierres

Le constructeur gothique dispose également de lourds outils de fer, aux extrémités munies de pièces rapportées en acier. Le manche, de 30 à 50 cm de long selon les modèles, nécessite un maniement à deux mains. L'équarrissement préliminaire et l'ébauche des pierres un peu

2 – Son usage n'est connu que par un dessin de la fin du Moyen Âge.



résistantes s'effectuent au pic de tailleur de pierre (smille), constitué d'un corps métallique doté de deux pointes. Auparavant, le lètu – lourd marteau – a permis de chasser de gros éclats. L'usage de ces deux outils, certes réduit sur les chantiers des cathédrales gothiques, où prédominent les

roches tendres et fermes, est très commun dans les constructions militaires contemporaines réalisées en pierre dure.

S'agissant des pierres fermes et tendres, le tailleur de pierre des cathédrales préfère le marteau taillant, déjà très utilisé par les Grecs et les Romains. Son double

tranchant, parallèle au manche et adapté à ces variétés de roches, en fait l'un des premiers instruments utilisés entre le XI^e et le milieu du XIII^e siècle. Cependant, la complexité de la découpe des éléments d'architecture gothique exige un outil plus polyvalent : la polka, très présente dans l'imagerie gothique entre le XIII^e et le début du XVI^e siècle. Ses deux tranchants, disposés à 90° l'un par rapport à l'autre, permettent en effet d'attaquer la pierre de front ou de biais.

Toutefois, s'ils conviennent aux pierres tendres, ces larges tranchants sont beaucoup moins adaptés aux pierres plus résistantes qu'ils arrachent davantage qu'ils ne tranchent.

À partir du milieu du XII^e siècle, il est donc demandé aux forgerons de diviser les tranchants du

marteau taillant et de la polka en plusieurs dents étroites et rectangulaires. Et ce, afin de réduire au minimum les risques d'arrachement de la surface des pierres. Ces outils se transforment alors en brettures et polkas brettées⁽³⁾. Entre le début et la fin de l'époque gothique, la largeur des dents passe ainsi d'un demi-centimètre à deux ou trois millimètres. Proche de la brettature, mais plus trapu et muni de dents pointues qui l'avantagent dans la taille des pierres dures, le marteau grain d'orge réapparaît, lui aussi, au XV^e siècle. Son emploi reste néanmoins limité aux régions dépourvues de pierres fermes ou tendres. Dans les contrées d'influence orientale – Méditerranée et sud des Balkans – ses tranchants sont disposés perpendiculairement au manche afin que les tailleurs puissent l'actionner face au bloc.

À l'extrême fin du gothique, les



deux siècles plus tard dans les carrières de marbre d'Italie : grâce à une ou deux faces carrées ou rectangulaires, hérissées de pointes plus ou moins fines et nombreuses, elle écrase les aspérités laissées par le pic et la broche. Mais, contrairement aux outils précédents, l'ouvrier doit appliquer ses impacts perpendiculairement à la surface à boucher afin de ne pas fissurer la pierre. Dans sa version primitive, la boucharde est donc souvent associée à un pic.

Complexe, la découpe des éléments exige des outils plus polyvalents

constructeurs des régions gréseuses de l'Est créent une version du marteau grain d'orge : le peigne ou krönel, doté de tiges à doubles pointes, solidement rassemblées dans une gaine fixée sur un manche. Cette disposition facilite l'entretien des pointes qui, sur le grès, s'usent très vite.

Dès le XV^e siècle, les calcaires très durs, ceux du Jura en particulier, entraînent l'usage d'un nouvel outil : la boucharde⁽⁴⁾, que l'on croyait apparue seulement

La complexité et la rigueur des œuvres gothiques favorisent aussi l'emploi d'outils précis et légers. Leur extrémité active étant analogue, ils complètent l'action des précédents auxquels on peut donc les comparer. Le tailleur de pierre les tient d'une main et les percute de l'autre à l'aide d'un maillet de bois ou d'une massette métallique. L'imagerie

3 – Leur principe était déjà connu à l'époque romaine.
4 – M. Jenzer, La boucharde : un outil de la fin du Moyen Âge, in *Bulletin Monumental*, 156-IV, 1998.

Techniques levantines

Il semble qu'Orient et Occident se soient mutuellement influencés à l'époque des croisades. De fait, la panoplie d'outils représentée sur le vitrail de Chartres (ci-dessus) ne semble guère différer de celle qu'ont utilisée les tailleurs lors de la construction du temple de Jérusalem (ci-dessous).



EN HAUT À GAUCHE : SELVA - LEEIMAGE / CLICONTRE - ARTEPHOT - BNF



Mauvaise pioche

Le bas-relief de l'église San Michele de Florence est techniquement faux : le tailleur de la colonne torse emploie un foret à pompe, inadapté à son travail ; quant au sculpteur de l'angelot, son pic pesant devrait briser la statue...

gothique nous révèle diverses formes de percuteurs, dont la répartition géographique semble obéir à des particularités géologiques ou des traditions régionales. Ainsi, les maillets cylindriques, en forme de tonnelet, prédominent en Belgique et dans le nord de la France ; les modèles sphéroïdaux se trouvent surtout en Hollande, Alsace, Allemagne, Suisse et Italie du Nord. Les massettes, elles, sont généralement plus prisées au Sud : le modèle rectangulaire droit ou cintré prévaut dans la plupart des régions méridionales, mais on trouve aussi quelques spécimens sphéroïdaux, en Espagne en particulier. Ils sont plus souvent en fer qu'en plomb.

Les outils appelés à être percutes sont, avant tout, conçus en fonction de la nature et de la forme du percuteur. En règle générale, ceux qui fonctionnent avec un maillet comportent une tête métallique évasée destinée à épargner le bois : ceux qui sont actionnés avec une massette possèdent souvent un manche.

Autre outil du constructeur gothique : la broche. Cette solide tige de fer pointue prend souvent le relais du pic pour affiner les ébauches – excepté pour les pierres trop tendres. La chasse lui permet de préciser l'action du marteau têté : elle ressemble à un ciseau, dont le tranchant a cédé la place à un étroit méplat biais qui chasse de petits éclats de pierre. Ses dents sont identiques à celles de la brettüre et l'évolution de leur affinement

est tout à fait similaire. Le XV^e siècle voit également réapparaître un autre outil denté : le ciseau grain d'orge, dont les dents pointues se prêtent mieux à la taille des pierres dures et des marbres.

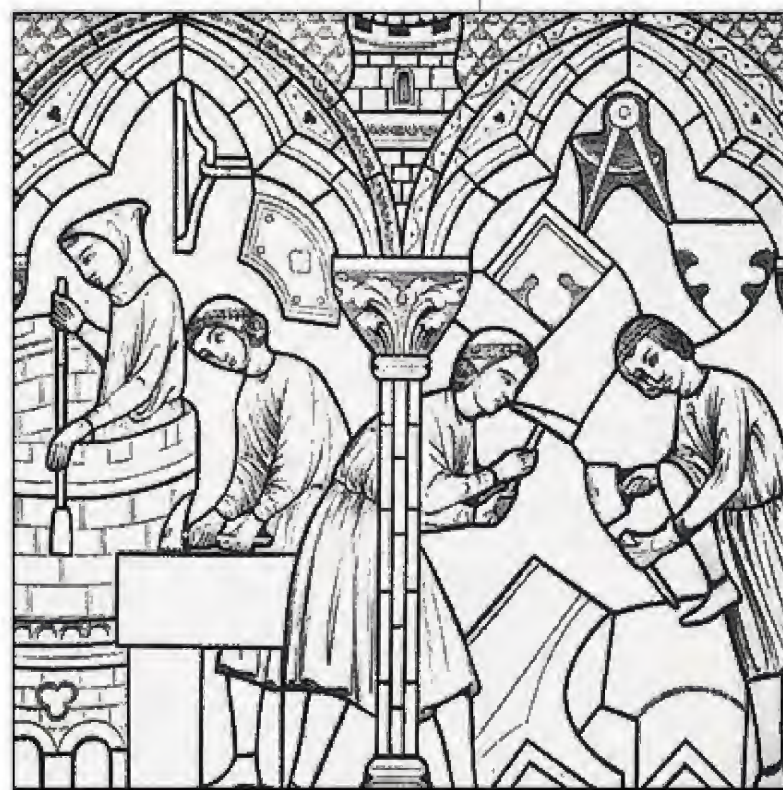
Pour parachever son œuvre, le tailleur de pierre utilise la ripe, qui remplit un rôle de râpe : à partir du XIII^e siècle, ses petites dents rectangulaires permettent, par grattage, d'égaler et d'unir l'épiderme des pierres fines. L'artisan gothique l'emploie pour la finition des œuvres les plus élaborées, souvent polychromes. Les fines stries produites par la ripe renforceraient en effet l'adhérence des peintures.

Instruments d'affinage

Par ailleurs, le tailleur se sert d'outils plus secondaires, type gouge, au tranchant profilé en forme de gouttière, rondelle ou ciseau à bout rond, et ciseau d'onglet à tranchant oblique. Ces deux derniers, même s'ils peuvent être percutes, sont généralement poussés à la main pour affiner la jonction des moulures concaves et sculpter des détails. Divers systèmes de foret, utilisés par les sculpteurs gothiques, sont en revanche délaissés par les tailleurs de pierre.

Enfin, l'usage des abrasifs, comme le grès, semble assez exceptionnel et réservé à la finition des pierres dures ornementales et des marbres.

Comment et pourquoi des outils – les modèles dentés en particulier – disparus depuis des siècles, sont-ils revenus au premier plan à l'époque gothique ? Une partie de la réponse se



trouverait dans l'observation des traces laissées sur les monuments antiques par les artisans, et dans l'étude des outils romains découverts lors de la réouverture de carrières. On sait aussi que les exigences techniques des formes gothiques ont sans doute motivé de telles réapparitions. La fabrication d'outils dentés exigeait en effet un fer de qualité, des techniques affinées d'aciérage, de forge et de trempe. Or, la sidérurgie d'alors avait suffisamment progressé pour les obtenir.

L'autre partie de la réponse résiderait dans les éventuelles influences techniques exercées entre Orient et Occident, à l'époque des croisades. L'outillage de tradition antique s'est en effet plus longtemps conservé dans les pays du Levant. Témoins, les études entreprises sur les dessins d'exécution de la taille⁽⁶⁾. C'est donc probablement vers une analyse technique poussée des monuments de ces contrées qu'il faut désormais s'orienter. ■

... À l'inverse, ce vitrail de Chartres représentant des architectes et des tailleurs de pierre au XIII^e siècle (ci-dessus, un relevé par Viollet-le-Duc) est beaucoup plus réaliste.

Des cathédrales en leur quartier

Jouxtant la cathédrale, l'espace dévolu à la vie des chanoines modèle peu à peu le paysage de la ville médiévale. À l'intérieur même de la cité, émerge ainsi toute une série d'édifices nécessaires aux besoins des clercs vivant en communauté.

Par Quitterie Cazes

Acôté des premières cathédrales, aux IV^e et V^e siècles, étaient construits une demeure pour l'évêque et des bâtiments pour son administration. À partir de l'époque carolingienne, s'y ajoute une série d'édifices afin que les chanoines – les clercs desser-

Le quartier canonical : une ville sainte au cœur de la cité

vant la première église du diocèse – puissent mener une vie commune, indépendamment du palais épiscopal. Tout un secteur urbain fut ainsi progressivement modelé, marquant fortement le paysage de la ville médiévale, sorte de « ville sainte » à l'intérieur même de la cité. On l'appelle le quartier canonical.

Dans les années 755, l'archevêque de Metz, Chrodegand, avait rédigé une règle, en partie inspirée par celle de saint Benoît, à l'usage de ses chanoines : ils devaient vivre ensemble dans un enclos, à l'intérieur duquel se trouvent un dortoir, un réfectoire « *et les autres bâtiments nécessaires aux besoins des frères vivant en communauté* ». Elle supposait aussi que l'évêque affecte un patrimoine – la mense

– afin que les chanoines puissent subvenir à leurs besoins. Les chanoines pouvaient ainsi assurer leurs tâches principales : chanter les sept heures canonicales dans leur cathédrale et porter assistance aux pauvres. Cette règle fut en grande partie reprise, et surtout son usage étendu à l'Empire, lors d'un grand concile tenu à Aix-la-Chapelle, en 816. Mais l'application n'en fut jamais systématique.



Un mouvement de renouveau traversa le XI^e siècle, qui touchait l'Eglise tout entière. Cette réforme, dite « grégorienne » – qui déborde en fait largement les dates du pontificat de Grégoire VII (1073-1085) – visait au renouveau matériel et spirituel des structures ecclésiastiques. Dans le Midi de la France, les chanoines adoptent souvent la règle de saint Augustin, tandis que ceux du Nord continuent de suivre

celle édictée à Aix-la-Chapelle. L'évêque est souvent à l'origine de cette réforme. À Besançon, Hugues de Salins (1031-1066) remet en vigueur les préceptes d'Aix-la-Chapelle, développe les écoles épiscopales, stimule l'activité des scriptoria, promeut la restitution des biens d'Eglise que les laïcs avaient usurpés. À Toulouse, en 1073, Isarn énonce la façon dont les chanoines devront vivre : « *Que tout clerc*

qui voudrait désormais devenir membre du corps de cette église se reconnaisse soumis à la rigueur de la vie canoniale, notamment qu'il ne possède rien en propre... Que tous les clercs vivent ensemble, dorment ensemble. Que la nourriture et le vêtement soient communs à tous selon la prescription de la tradition apostolique. Que la liberté d'aller et de circuler en quelque lieu que ce soit ne soit

Ouvert sur la ville

Adossé à l'enceinte de la ville, le quartier canonial de Narbonne n'était sans doute pas clos. Les maisons des laïcs se mêlaient sans distinction à celles des chanoines.

**Image d'un
monde disparu**

Démantelé entre
1799 et 1862,
le quartier canonial
de Saint-Etienne de
Toulouse peut être
restitué par l'étude
croisée des sources
d'archives et
des vestiges
archéologiques.
(Voir l'encadré
en page 77.)

ILLUSTRATION FABRICE MOREAU D'APRES DES DOCUMENTS DE Q. CAZES





**Le quartier canonial de la cathédrale
Saint-Étienne de Toulouse au XVIII^e siècle**



Le sens d'un décor

Dans le cloître d'Aix-en-Provence, la représentation de saint Pierre rappelle que la vie des apôtres au lendemain de l'Ascension est le modèle de la vie commune des chanoines.

→ *accordée qu'avec la permission de leur prieur...* » Mais les effets de la réforme furent généralement de courte durée, et les pratiques de la vie communautaire disparaissent entre les XIII^e et XV^e siècles selon les cas.

A chacun sa fonction

Le chapitre comprend de douze (chiffre apostolique) à plusieurs dizaines de chanoines (50 à Paris, jusqu'à 83 à Laon) : il est dirigé par un doyen dans le Nord, un prévôt dans le Sud, un pricier ou primicier dans l'Est. Certains chanoines, dignitaires ou officiers, ont des fonctions précises : le sacriste ou trésorier est chargé

du trésor de la cathédrale, le préchantre ou précenteur dirige le service du chœur, l'aumônier assure l'assistance aux pauvres ; à partir de la fin du XII^e siècle, apparaît l'ouvrier, chargé de l'administration des biens affectés aux constructions ou à l'entretien des bâtiments : le cellierier seconde le chef du chapitre dans l'administration des biens, etc.

Des bénéficiers ou prébendés les secondent, notamment pour les célébrations, en compagnie de chapelains et d'enfants de chœur. Il faut aussi compter les serviteurs, les employés, la famille des chanoines : tout ce monde (350 personnes à Laon, 300 à

Lyon) vit au « cloître », c'est-à-dire dans le quartier canonial.

Sur le plan urbanistique comme sur le plan architectural, le Moyen Âge n'a pas cherché à imposer de réglementation pour les quartiers canoniaux. Cet espace, entièrement dévolu à la vie des chanoines, jouxte la cathédrale ; sa configuration dépend étroitement de la topographie urbaine préexistante et, bien sûr, de la position de la cathédrale dans la cité ; il se développe là où le terrain est disponible.

Le quartier se définit le plus souvent par sa clôture. Comme pour les monastères, elle était au départ destinée à protéger les

1 Cathédrale Saint-Etienne

Au XI^e siècle, l'évêque Isarn rebâtit l'édifice, dont le plan actuel résulte de multiples campagnes de construction. Parallèlement, il donna sa structure au quartier canonial.

2 Eglise Saint-Jacques

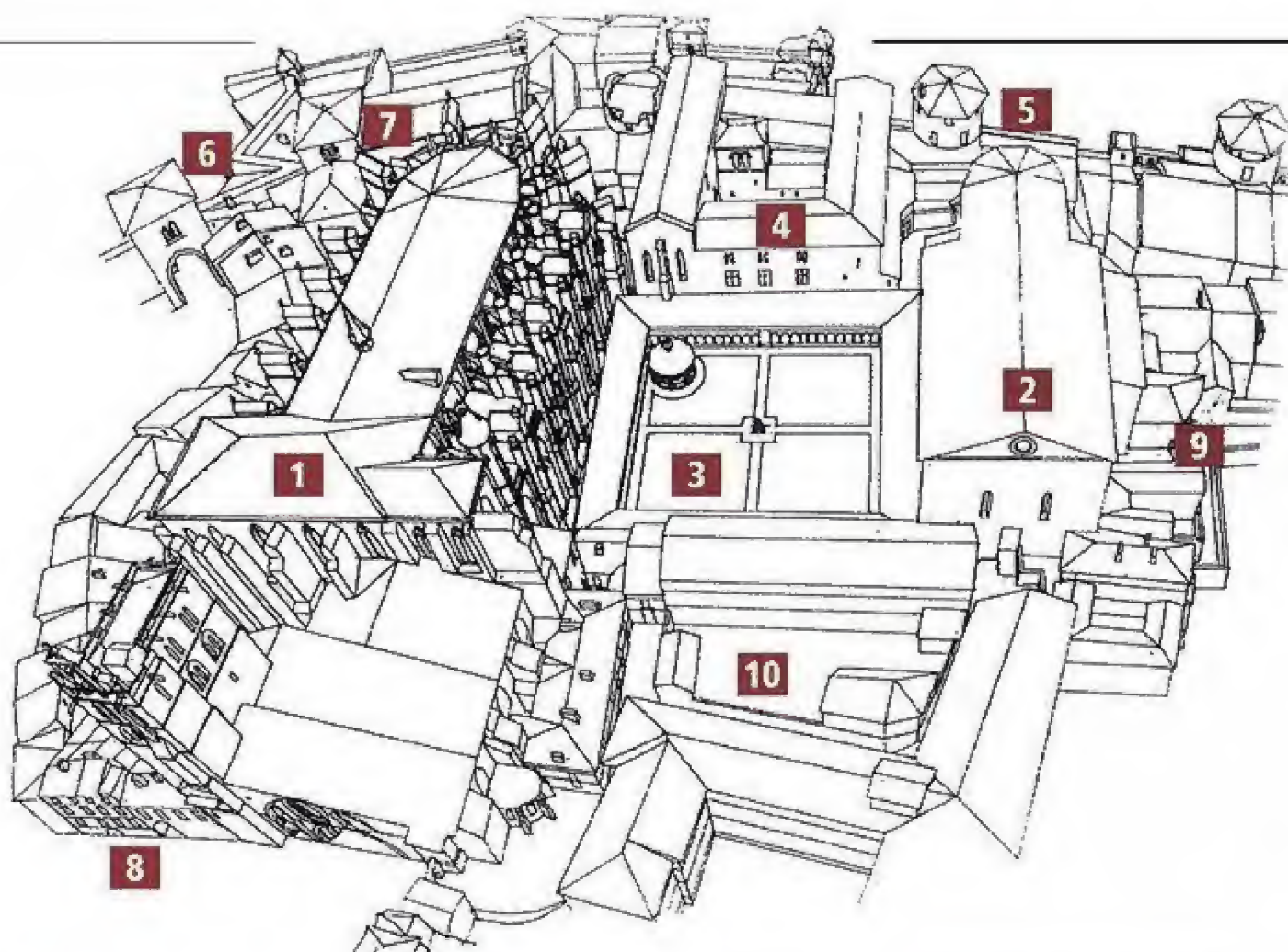
Basilique de la fin de l'Antiquité, probablement bâtie sur le podium d'un temple antique, elle fit l'objet de travaux à l'époque carolingienne, puis aux XII^e et XVI^e siècles. Elle fut démolie en 1811.

3 Cloître

Son emplacement fut déterminé par celui des deux églises. Edifié dans le premier tiers du XII^e siècle, son architecture reprenait celle du cloître de Moissac. Dans ses angles, de grands reliefs de marbre exaltaient les origines apostoliques de l'Eglise de Toulouse. Il fut démoli en 1799.

4 Bâtiments du chapitre

La salle capitulaire, le réfectoire face à la fontaine et l'école du chapitre furent construits au XII^e siècle. Ils s'appuyaient sur l'enceinte antique de la ville. Dans la cour intérieure, furent peu à peu édifiés un cellier, une « tour des archives »... De la démolition en 1811, seuls demeurent les reliefs des apôtres du portail de la salle capitulaire, conservés au musée des Augustins.



5 Enceinte antique de la ville

Les courtines furent reprises en 1355, puis au XVI^e siècle. Dans les années 1579 et 1593, un bastion fut établi à l'est de la cathédrale. Une grande partie de l'enceinte est conservée dans le bâtiment actuel.

6 Porte Saint-Etienne

C'était l'une des portes de la ville antique ouvrant sur l'axe majeur qui traverse la cité d'est en ouest. Remaniée au Moyen Âge, elle fut précédée d'une barbacane mentionnée en 1219, et refaite en 1369.

7 Prévôté

La maison du chef du chapitre contrôlait l'accès au quartier canonial et abritait les services nécessaires à l'administration de la mense capitulaire. Elle fut démolie en 1862.

8 Porte de la rue des Cloches

Les maisons de cet îlot appartenant au chapitre étaient séparées de la cathédrale par la « rue des Cloches ». Aucun mur n'isolait le quartier canonial du reste de la ville. Seuls les accès étaient contrôlés, ici par la porte donnant sur le parvis.

9 Maisons canoniales

Ces véritables hôtels particuliers se développaient largement au sud du centre monumental du quartier, contre le rempart et de part et d'autre de la « rue de la Chanoine ». C'est pour le prolongement de cette rue, aujourd'hui rue Sainte-Anne, qu'ont été démolis, en 1811, l'église Saint-Jacques et les bâtiments du chapitre.

10 Archevêché, archives et bibliothèque du clergé

L'archevêché, rebâti à la fin du XVII^e siècle, limitait, au sud, le quartier canonial.

chanoines des tentations du monde. Dans des cas particuliers, il s'agit de véritables fortifications. À Viviers, toute la partie haute de la ville, appelée « le château », est ainsi entourée d'une fortification constituant le

rent, au milieu du XIII^e siècle, la création d'un mur garni de créneaux, avec portes et poternes, mais sans archères ni tours. Mais généralement, des portes monumentales dans un front continu de maisons suffisent : elles confèrent au quartier un statut particulier par rapport au reste de la ville ; elles témoignent de son prestige, et si elles permettent de contrôler les allées et venues des chanoines, elles protègent aussi des biens considérables (trésor de la cathédrale, vin et céréales des celliers...) quand elles sont fermées pour la nuit.

Aux XI^e et XII^e siècles, la vie des chanoines s'est souvent organisée dans une maison commune, comportant le réfectoire au rez-de-chaussée et le dortoir à l'étage : c'est le cas à Rouen, Narbonne, Avignon, Vienne, Metz ou Aix-en-Provence. À Lyon, la célèbre « Manécantérie » fut probablement la maison commune au XI^e siècle ; au XII^e siècle, sa façade, tournée vers la ville, fut dotée d'un important décor manifestant avec ostentation l'importance du chapitre et son attachement à la vie commune. Mais dès le milieu du XII^e siècle, cette vie commune se réduit souvent au chant →

Contre les tentations du monde, le quartier dresse ses clôtures

quartier canonial. À Lyon, l'archevêque Guichard de Pontigny (1165-1180) avait élevé une enceinte crénelée à la suite de conflits avec les comtes de Forez ; à Chartres, ce sont les tensions avec la population qui imposè-

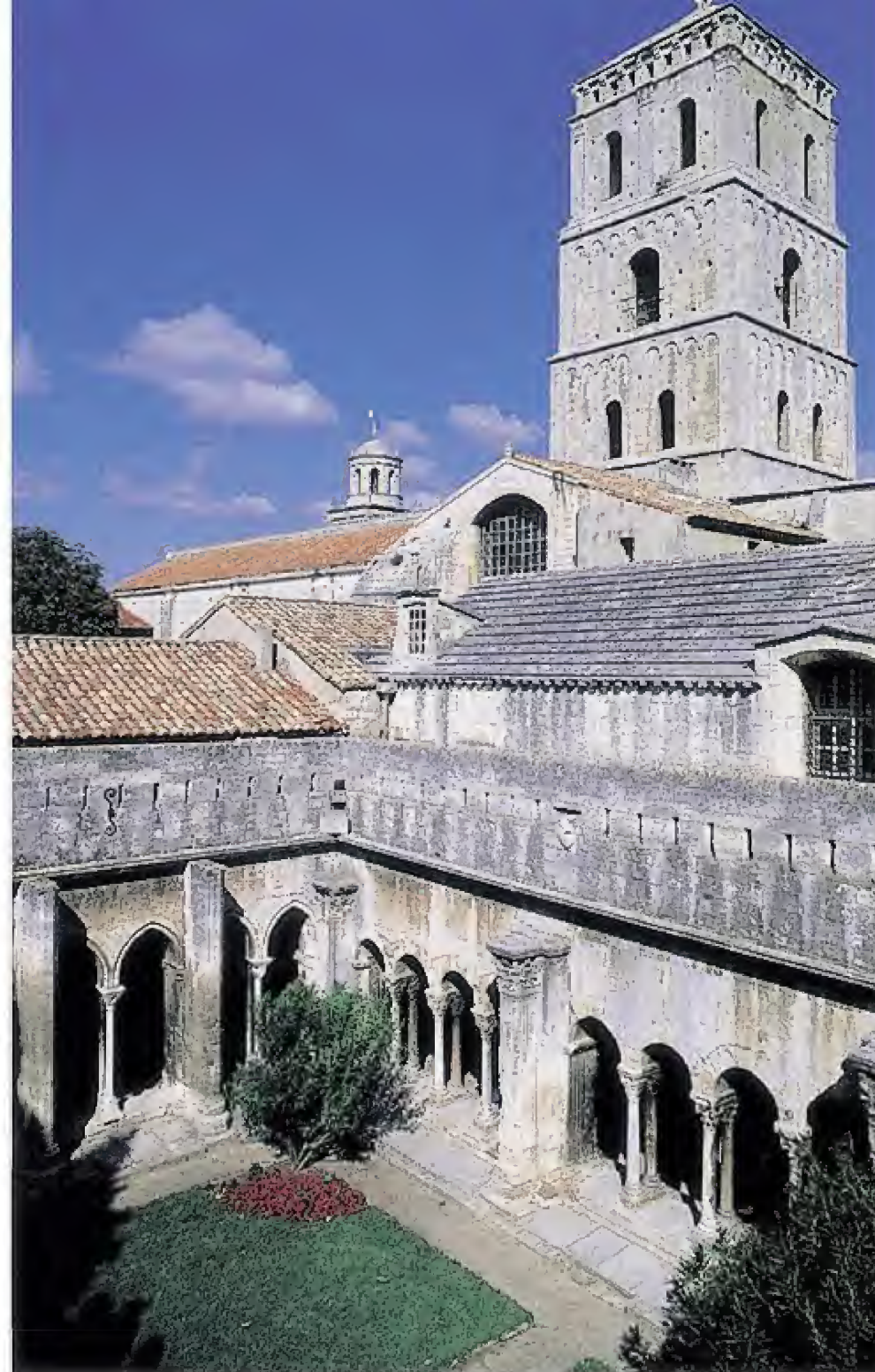
rent, au milieu du XIII^e siècle, la création d'un mur garni de créneaux, avec portes et poternes, mais sans archères ni tours. Mais généralement, des portes monumentales dans un front continu de maisons suffisent : elles confèrent au quartier un statut particulier par rapport au reste de la ville ; elles témoignent de son prestige, et si elles permettent de contrôler les allées et venues des chanoines, elles protègent aussi des biens considérables (trésor de la cathédrale, vin et céréales des celliers...) quand elles sont fermées pour la nuit.

des offices, à l'aumône aux pauvres, et les chanoines habitent des maisons particulières, plus ou moins dans le quartier. La salle capitulaire, où sont débattues les affaires de la communauté, existe toujours, ainsi que le réfectoire, pour les grandes occasions ou la distribution de l'aumône.

Parmi les autres édifices de l'enclos canonial, on doit citer celui qui abritait les jeunes clercs, aussi bien pour leur logement que pour leur enseignement, ou les bibliothèques, dont l'importance justifia, à Tours, Rouen ou Senlis, une construction spécifique. Plus systématique est la présence d'un hôpital : l'accroissement urbain et la multiplication des besoins de l'aumône imposèrent des constructions parfois très vastes (plus de 2 500 m² à Paris, Laon, Tournai ou Reims), plus ou moins éloignées de la cathédrale, selon les possibilités immobilières.

Autour des cours et cloîtres

Les bâtiments communs s'organisent généralement autour d'une cour. L'édification d'un cloître ne paraît pas avoir été primordiale dans l'organisation du quartier, à l'inverse de ce que l'on connaît pour les monastères : la date de sa construction dépend des circonstances. À l'exception de vestiges de cloîtres carolingiens, retrouvés à Autun et Auxerre (mais il doit en exister ailleurs), c'est à Toulouse que l'on trouve le plus ancien cloître canonial ; il a été construit à partir de 1100 sur le modèle de celui de Moissac, sans doute parce que de forts liens existaient entre l'évêque de Toulouse et l'abbé de ce monastère. Dans le Midi, les cloîtres se multiplient à partir de la fin du XII^e siècle, à Elne ou Aix-en-Provence, par exemple. À Arles, vers 1180, l'édification du cloître accompagne une seconde réforme du chapitre qui, en reconstituant la mense canoniale, a permis de disposer des moyens nécessaires à une telle entreprise. Dans le Nord, à



Une iconographie engagée

Dans le cloître d'Arles, la représentation du fondateur de l'Eglise, saint Trophime, souligne le rôle majeur de la cathédrale et de son clergé dans le diocèse.

quelques exceptions près (Metz ou Verdun), ce n'est qu'à l'époque gothique que des cloîtres sont érigés contre les nouvelles cathédrales : il n'y a donc pas de lien entre les exigences de la vie commune (qui a tendance à se dissoudre à partir du XIII^e siècle) et son édification. Et encore ne comporte-t-il pas toujours quatre galeries : une seule à Laon au début du XIII^e siècle, trois à Noyon. Le cloître, qui est parcouru par les processions et dans les galeries duquel sont souvent pratiquées les inhumations des chanoines (autre trait constitutif fort du quartier), est alors plus un monument ostentatoire qu'une nécessité liturgique.

Les quartiers canoniaux ont évolué au long des siècles, au même titre que la ville dans

laquelle ils s'inscrivent, parce que la spiritualité, les besoins matériels et les goûts des chanoines, qui appartenaient à l'aristocratie ou aux élites locales, se modifiaient au fil du temps. La Révolution, qui supprima les congrégations, entraîna leur disparition : le centre urbain, avide de surfaces, détruisit des édifices désormais privés de leurs fonctions. Cependant, il subsiste, au gré des aléas de l'histoire, des bâtiments surprenant par leur qualité, leur fonctionnalité, mais qui, néanmoins, n'arrivent plus que rarement à évoquer la vie de ces clercs à l'ombre des cathédrales. ■

Bibliographie sélective

- Y. Esquieu, *Quartier cathédral. Une cité dans la ville*, Paris, Rempart/Desclee de Brouwer, 1994.
- J.-C. Picard (dir.), *Les chanoines dans la ville. Recherches sur les quartiers canoniaux en France*, Paris, de Boccard, 1994.
- Q. Cazes, *Le quartier canonial de la cathédrale Saint-Etienne de Toulouse*, Carcassonne, 1998.

GUERRES & Histoire



A Megiddo,
pharaon se fait
conquérant



Exclusif !

Un cavalier roumain
raconte sa guerre
aux côtés puis contre
la Wehrmacht



VENISE LA SUPERPUISSANCE NAVALE DU MOYEN ÂGE

ÉTATS-MAJORS
Trois façons de
penser le cerveau
des armées

GLOIRE vs WARRIOR
Les premiers
cuirassés lancent
le bras de fer naval

PHILHELLÈNES
Des bataillons
européens au
secours des Grecs



BOIS-BELLEAU, 1918
LE MYTHE FONDATEUR
DES MARINES

Actuellement en vente
chez votre marchand de journaux ou en ligne sur

KIOSQUE
mag

Disponible sur
KiosqueMag.com

A la lumière des commissions...

Dès le XIII^e siècle, les chanoines tiennent un registre des comptes, vérifié par une commission d'examen. Celle-ci disposait d'une « chambre des comptes » à la cathédrale de Troyes.

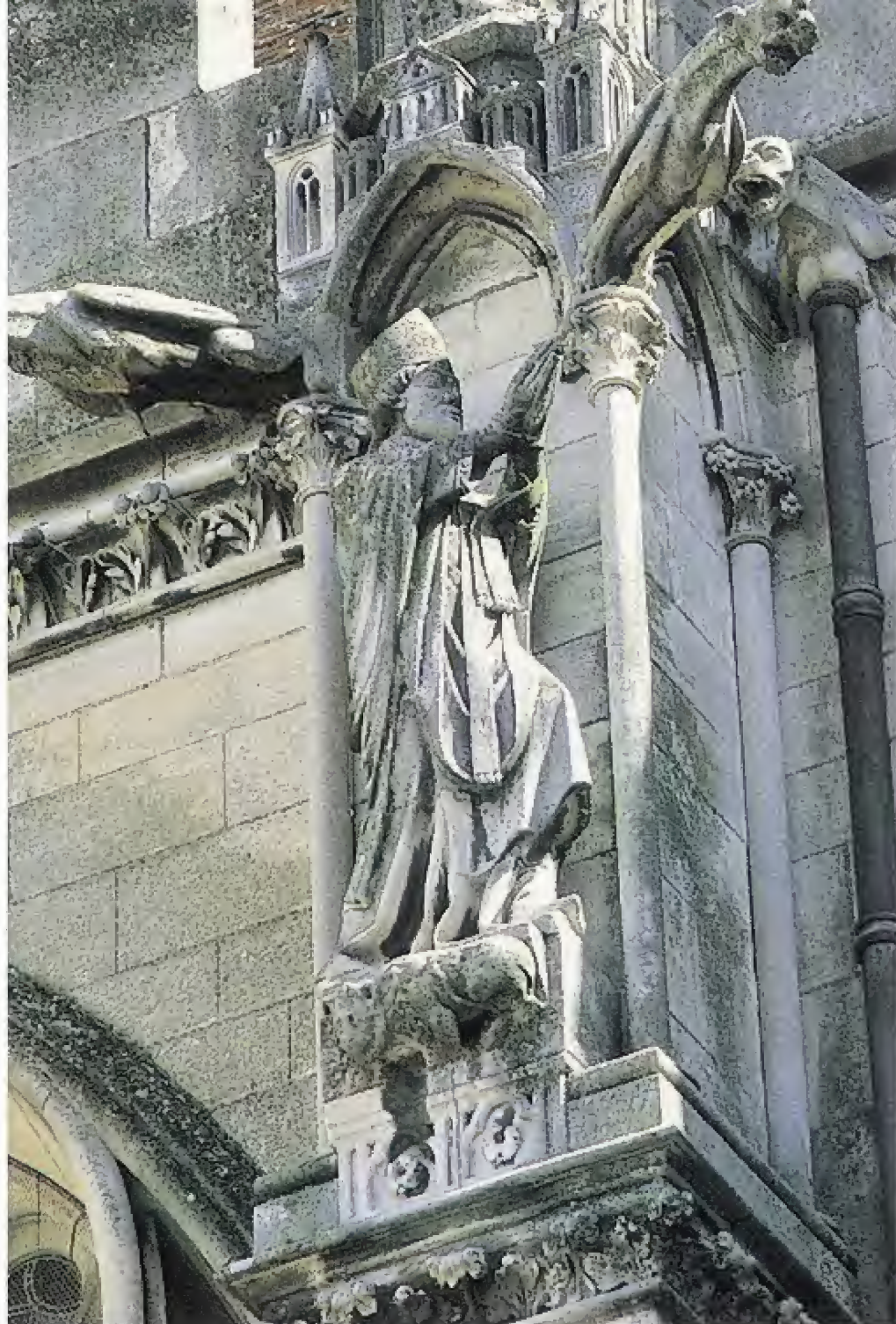


Les deniers

des cathédrales

Comptes de chantiers, registres de délibération des chapitres cathédraux, pièces de comptabilité, l'ensemble de ces documents, conservé dans les collections publiques françaises, permet de comprendre comment les cathédrales de Chartres, Beauvais, Sens, Strasbourg, Rouen, Cambrai ou Troyes ont été édifiées, entretenues et restaurées entre les XIII^e et XVI^e siècles.

Par Denis Cailleaux



Responsabilités partagées

Le XII^e siècle marque la fin d'un privilège des évêques. Ainsi, à Sens en 1135, la décision d'édifier une cathédrale est prise conjointement, pour la première fois, par un évêque et un prévôt du chapitre.

Les cathédrales gothiques expriment la foi des hommes du Moyen Âge, qui placent en Dieu leurs espoirs d'une existence moins rude et cherchent à mériter la vie éternelle dans l'au-delà. Ces œuvres d'architecture, issues de la science des bâtisseurs et du labour des ouvriers, ne se sont cependant élevées qu'à prix d'argent. Les artisans réclament leurs salaires, les fournisseurs de matériaux exigent leur dû, les maîtres de l'ouvrage attendent leurs gages. Piliers et voûtes se bâtissent donc lorsque les caisses regorgent de deniers. Lorsque l'argent est disponible, le chantier progresse. Et rien, sauf peut-être les intempéries, n'entraîne l'ardeur des bâtisseurs.

Lorsque les ressources viennent à manquer, il en va autrement. Entre les XIII^e et XVI^e siècles, chaque cathédrale trouve ses sources particulières de financement. Toutefois, à travers la documentation issue des archives des communautés de chanoines administrant les églises-mères des diocèses, on observe de nombreux points communs.

À la fin de l'Antiquité et au cours des temps mérovingiens, les premiers groupes cathédraux⁽¹⁾ – formés de deux basiliques et d'un baptistère – sont placés sous la seule responsabilité de l'évêque. Unique détenteur de la fortune de l'Eglise, il lui appartient

1 – Sur l'origine des cathédrales, voir A. Erlande-Brandenburg, *La cathédrale*, Paris, 1989.

de gérer le patrimoine de son diocèse, comme d'assurer la subsistance de son clergé.

À la suite des réformes carolingiennes, la situation se modifie profondément. Dès le VIII^e siècle, l'apparition des prébendes canoniales et le partage des biens entre l'épiscopat et les chanoines contribuent à la mise en place d'une nouvelle organisation. Dotés de ressources financières, les chanoines assument désormais la responsabilité des édifices relevant de leur autorité propre ; mais ils laissent encore à l'évêque celle de la cathédrale. Aux X^e et XI^e siècles, les prélats semblent assumer financièrement l'exécution des grands travaux des édifices romans.

En revanche, il paraît en être autrement pour les premières cathédrales gothiques. La construction de la plus ancienne d'entre elles, à Sens, est ainsi décidée conjointement, vers 1135, par l'archevêque Henri Sanglier et le prévôt du chapitre Etienne de Garlande ; un siècle plus tard, la charte du 31 mars 1236, annonçant les travaux de la cathédrale d'Amiens, est édictée par l'évêque Geoffroy d'Eu et le doyen du chapitre. En 1253, à Meaux, le contrat d'embauche du maître de l'œuvre, Gautier de Varinfroy, est établi par l'évêque, le doyen du chapitre et les chanoines – évêque et chapitre semblant contribuer ensemble au financement de l'entreprise.

D'après la documentation historique, une importante mutation s'opère au cours du XII^e siècle. On cherche alors à distinguer opérations de constructions nouvelles et entretien quotidien de l'édifice. Le chantier se dote d'une nouvelle appellation : « l'œuvre ». Le mot ne désigne pas encore un organisme spécifique ; il s'agit d'un poste budgétaire particulier rassemblant les recettes destinées à la construction et les dépenses afférentes aux travaux. Pour assumer les charges des parties existantes et couvrir les frais de la liturgie, les chanoines se répartissent les responsabilités : la communauté

canoniale assure le clos et le couvert de l'édifice cathédral ; les communautés secondaires ou les dignitaires – chantres, trésoriers, cheveciers... – contribuent aux frais spécifiques se rapportant à leurs attributions. Ainsi, à Sens, avant 1226, et probablement dès

la fin du XII^e siècle, le trésorier a la charge des vitraux. À Tournai, avant le XIII^e siècle, il assume les charges dévolues à la fabrique. À Rouen, un conflit de compétence entre fabrique et trésorier perdure jusqu'à la seconde moitié du XV^e siècle, et conduit à la suppression de la trésorerie.

À la charnière des XII^e et XIII^e siècles, les chapitres des cathédrales adoptent une nouvelle forme d'organisation en instituant différents offices chargés d'assurer l'administration des biens des communautés. Elus pour un mandat d'abord annuel puis triennal, ces nouveaux officiers assument des →

Piliers et voûtes croissent quand les caisses sont pleines...

**Des « fabriques »
polyvalentes**

Pour gérer les travaux, les fabriques s'organisent différemment d'une cathédrale à l'autre. Ainsi, à Bourges au début du XIII^e siècle, il semble même que des laïcs y participent.



responsabilités incombant jusqu'alors à des dignitaires. Avant 1196, le chapitre d'Arles désigne ainsi un « chanoine ouvrier », responsable des questions d'architecture. Parallèlement, apparaissent des organismes chargés des travaux : les fabriques. Selon les cathédrales, leur mise en place diffère – 1215 à Reims, entre 1218 et 1234 à Tournai, 1226 à Lausanne – et leur organisation varie. À Bourges, au début du XIII^e siècle, il semble en effet que des laïcs soient associés à la gestion des travaux. À Chartres, les artisans du bâtiment tiennent en fief, de la fabrique ou de l'évêque, la charge de plombier, charpentier et maître de l'œuvre. Ailleurs, la gestion des travaux est entièrement contrôlée par des chanoines, qui recourent à des artisans salariés.

Les fabriques sur tous les fronts

Si les attributions des fabriques diffèrent selon les villes, en aucun lieu elles ne sont uniquement chargées des travaux. Dès l'origine, en effet, les chanoines fabriciens doivent s'occuper des legs testamentaires en faveur de l'œuvre, et donc de la célébration des funérailles et des anniversaires leur étant généralement associés. Il leur revient aussi de gérer les nombreuses inhumations des chanoines et des laïcs. Là où la fabrique est dotée de revenus, de droits et de propriétés foncières, le fabricien devient administrateur, réclame les rentes, perçoit les fermages ou passe les baux. C'est la raison pour laquelle, hors des périodes de grands travaux, les comptes de ces offices font davantage mention de ciriers, blanchisseuses ou menuisiers que de maçons, couvreurs ou charpentiers.

Grâce à ces offices, la gestion des travaux des cathédrales, qu'il s'agisse des constructions nouvelles ou de l'entretien quotidien des édifices, se révèle rapidement efficace. Dès le XIII^e siècle, le système est d'ailleurs adopté par les chapitres séculiers, qui disposent souvent d'édifices aussi vastes, et les communautés paroissiales.

S'il administre les travaux de construction, achète les matériaux et paie les ouvriers, le chanoine fabricien remplit aussi la fonction de clerc aux écritures, tenant à jour ses registres. L'emploi ne nécessite pas de grandes compétences économiques, la comptabilité des chapitres cathédraux étant relativement sommaire. « *La comptabilité publique s'en tient donc, et cela jusqu'au XX^e siècle, à la comptabilité simple, journal ou grand livre dans lequel les opérations sont ventilées en des rubriques qui correspondent à des origines ou à des destinations différentes des fonds, mais non à des types différents de relations financières. La distinction de base demeure, dans tous les livres, celle des recettes et dépenses. Au mieux voit-on passer en double écriture des opérations fictives,*



Plus près du Ciel

Pour édifier les cathédrales, l'Eglise sollicita largement les deniers de ses ouailles... En échange de la reconnaissance divine. À Sens (ci-dessous, détail de la cathédrale), les fidèles ont ainsi contribué pour plus de 50 % aux travaux du transept.



comme l'enregistrement d'une recette théorique, non effectuée en réalité, ou celui d'une assignation non suivie d'effet. Ce sont, notamment, les "deniers rendus et non reçus" dont le comptable entend se justifier, puisqu'il doit en rendre compte et ne peut les verser pour ne les avoir point reçus. » ⁽²⁾

Les décisions entraînant de grands frais relèvent de l'ensemble de la communauté canoniale, qui se réunit alors en assemblée capitulaire. Le fabricien n'intervient seul que pour des engagements urgents, pour lesquels il sollicite l'accord de deux ou trois chanoines désignés par le chapitre pour surveiller les travaux.

Bien que la charge de la fabrique ne requière pas de qualifications particulières, on trouve, parmi les chanoines fabriciens, des bourgeois ou des marchands. À la différence de leurs confrères nobles, ils sont plus habitués à manier les deniers,

connaître les prix et les salaires. Ils sont capables de tenir les registres et, surtout, de réunir les justificatifs nécessaires à la gestion : devis, quittances... Ils sont aussi plus habiles à négocier les marchés, conclure les contrats, obtenir des rabais.

Au cours du Moyen Âge, l'organisation des fabriques cathédrales évolue. Aux XIII^e et XIV^e siècles, à Nar-

La comptabilité des chapitres cathédraux est assez sommaire



Amiens, sous double tutelle

En 1236, la charte pour la construction de la cathédrale d'Amiens, parfait exemple gothique selon Viollet-le-Duc, est ratifiée par l'évêque et le doyen du chapitre.

bonne. Chartres ou Sens, l'office est attribué à deux chanoines agissant collectivement. Au-dessus d'eux, deux ou trois « superintendants » représentent la communauté et approuvent les opérations. À la fin du Moyen Âge, le terme de « superintendant » n'est plus d'usage. Néanmoins, la fonction subsiste et les chapitres désignent plusieurs délégués chargés d'assister quotidiennement à l'avancement des chantiers. En 1494, le chapitre de la cathédrale de Reims envoie ainsi certains de ses membres accompagner le maître de l'œuvre à une rencontre avec un maître charpentier. À Beauvais, en 1500, neuf chanoines surveillent les travaux du transept et deux d'entre eux sont affectés en permanence sur le chantier.

Pour justifier leur gestion, les chanoines fabriciens présentent, chaque année, l'état des finances de leur office. Depuis le milieu du XIII^e siècle au moins, ils tiennent donc des registres de comptes, soumis à une commission canoniale chargée de les examiner. Inscrits sur des rouleaux de parchemin, puis sur des cahiers, rédigés d'abord en latin puis en français à la fin du Moyen Âge, ces comptes se présentent sous une forme simple : une première partie rapporte les recettes, une seconde les dépenses. La commission d'examen, qui dispose d'une « chambre des comptes » à la cathédrale de Troyes, vérifie la justesse de la gestion du fabricant en collationnant les pièces justificatives : quit-

Le Carnet de Villard de Honnecourt



Originaire d'un village de Picardie qui lui a donné son nom, Villard de Honnecourt a réalisé, vers 1220-1230, un carnet de dessins

constituant le plus ancien document de ce type qui nous soit parvenu. S'y trouvent rassemblées les figures ayant retenu son attention :

plans de monuments, détails d'architecture, sculptures, machines, armes...

Passionné d'architecture, sans être lui-même architecte, il s'est rendu à Reims lors de la construction de la cathédrale. En recopiant les documents fournis par l'architecte de l'édifice – dessins de projets antérieurs et relevés pris à Chartres, Laon, Lausanne – Villard les a simplifiés et légendés. S'il ne s'apparente pas à un traité d'architecture, son carnet est, en revanche, un précieux témoignage des documents conservés sur le chantier. Au milieu du XV^e siècle, les chanoines de Sens ont ainsi rappelé la nécessité de telles archives, en ordonnant que les plans et devis soient conservés et que « le maître des œuvres en eust une copie pour en savoir mieulx à parler en temps et lieu quant besoing seroit ».

lances, marchés, contrats...

Les chapitres des cathédrales possèdent un patrimoine étendu, constitué de biens fonciers et droits divers. Cependant, la part de revenus consacrée aux travaux de leurs églises n'est pas la plus importante. L'argent sert d'abord à payer les prébendes, régler les charges de la liturgie et solder les gages des employés et serviteurs. Lorsqu'on décide d'une nouvelle campagne de travaux, il faut donc trouver de nouvelles ressources. Comment ? En recourant à la générosité des laïcs.

Un financement de premier plan

Les aumônes sont généralement recueillies dans les troncés placés près des autels et à travers les quêtes effectuées lors de l'exposition de reliques dans la cathédrale. Des « voyages » de reliquaires sont aussi fréquemment organisés dans les paroisses du diocèse, de la province ou au-delà. Les reliques de saint Mammès, exposées à Langres au début du XIII^e siècle, ont ainsi largement contribué au financement de la façade de la cathédrale. À la fin du siècle, la recette des quêtes représente 34 % des revenus de la fabrique de la cathédrale de Rodez ; à Tréguier, en 1469, les dons s'élèvent à 55 % des recettes de la fabrique ; au début du XIV^e siècle, les fidèles de la cathédrale de Sens contribuent pour plus de 50 % aux travaux du transept.

À partir de la seconde moitié du XV^e siècle, →

Des siècles de labeur ?



On a coutume de dire que la construction d'une cathédrale demandait plusieurs siècles de travail. Et que les grandes églises gothiques étaient d'éternels chantiers. Or, ces édifices, tels que nous les connaissons, sont le résultat de tranches de travaux qui, selon la main-d'œuvre disponible et les finances, se sont succédé pour élever le chœur, la nef, le transept, la façade... Prises séparément, chacune d'elles s'est en fait déroulée dans un délai raisonnable. Le gros œuvre de Saint-Étienne de Sens a ainsi été achevé en 65 ans, entre 1135 et 1200 ; l'essentiel de Notre-Dame de Paris a été bâti en 57 ans, de 1163 à 1220 ; à Chartres, la plus grande partie de la nef et du chœur était dressée en trente ans. Mais à la fin du Moyen Âge, une pénurie d'ouvriers semble avoir ralenti la cadence. Cinquante ans ont ainsi été nécessaires à la réalisation du transept de Beauvais. À Troyes, Martin Chambiges a mis vingt ans, de 1507 à 1527, pour élever les portails de la façade jusqu'à la première allée. La construction de la totalité de la façade occidentale de Toul n'ayant pris moins de 40 ans.

À lire

- J.-L. Biget, « Recherches sur le financement des cathédrales du Midi au XIII^e siècle », *Cahiers de Fanjeaux*, n° 9, Toulouse, 1974, p. 129-164.
- D. Cailleaux, *La cathédrale en chantier. La construction du transept de Saint-Étienne de Sens d'après les comptes de la fabrique, 1490-1517*, éd. du Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris, 1999.
- O. Chapelot, dir., *Du projet au chantier. Maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre aux XIV^e et XV^e siècles*, éd. EHESS, Paris, 2001.
- J. Gimpel, *Les bâtisseurs des cathédrales*, Seuil, Paris, 1980.
- R. Recht, dir., catalogue de l'exposition *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Strasbourg, 1989.

les chanoines, désireux d'achever des travaux interrompus par la guerre de Cent Ans, se tournent vers leurs souverains. Les rois de France qui, à la différence d'autres princes européens, sont jusqu'alors très peu intervenus dans le financement des chantiers de cathédrales, répondent favorablement. L'argent accordé n'est néanmoins pas puisé dans les recettes ordinaires de la royauté, mais issu de nouvelles taxes imposées aux populations. Les « crues » sur la gabelle du sel fournissent ainsi les sommes nécessaires à l'achèvement ou à l'embellissement des cathédrales de Troyes, Bourges, Sens...

Autre source de revenus, les dons personnels, non négligeables, de certains ecclésiastiques. De nombreux documents attestent en effet qu'entre les XIII^e et XV^e siècles, nombre de chanoines et d'évêques paient, de leurs deniers, le salaire des ouvriers, l'achat de matériaux ou la réalisation d'œuvres d'art. Les sommes versées, parfois considérables – à l'instar des 10 000 florins donnés par le pape Clément V à la cathédrale de Bordeaux, en 1314 – ne représentent cependant qu'une faible part de la dépense générale.

D'autres recettes permettent également de remplir les caisses des fabriques. Elles sont issues de la vente de matériaux, de la perception d'amendes, du reliquat des gros-fruits des chanoines et curés

décédés, ou des droits acquittés pour les sépultures lors des obsèques. À la fin du XV^e siècle, les comptes de la fabrique de Sens mentionnent aussi un don de chanvre, destiné à confectionner des cordes pour le chantier et celui d'un jambon... Il arrive également qu'un marchand offre une part des matériaux ou qu'un charretier fasse don d'une journée de charroi.

Des travaux qui n'ont pas de prix

Depuis le XIX^e siècle, nombre d'historiens tentent, en vain, de calculer le « prix » d'une cathédrale. La documentation, souvent lacunaire, et les paramètres à considérer – mutations monétaires, évolution du coût de la vie ou variation des prix des matériaux – rendent l'entreprise ardue. Les estimations auxquelles parviennent certains – 83 000 livres pour bâtir Chartres, soit 50 millions de dollars^(*) – n'ont guère de sens. Selon l'ampleur de la construction, la qualité des matériaux, la distance des carrières de pierre, le coût du bâtiment varie fortement. Ainsi, à la fin du Moyen Âge, les chanoines de Sens dépensent environ 1 000 livres par an pour la construction du transept de Saint-Étienne quand, au même moment, leurs confrères de Rouen en déboursent 1 200 et ceux de Beauvais 3 000.

Eux-mêmes ne semblent d'ailleurs pas s'être souciés d'établir la facture finale de leurs travaux. Et pour cause. La cathédrale constitue un chantier permanent, un édifice en continuelle mutation que l'on restaure, agrandit, transforme au grès des besoins liturgiques, des modes ou des nécessités matérielles. Cela ne veut pourtant pas dire que les maîtres des fabriques ont négligé de connaître le coût des travaux qu'ils engageaient. Dès le XIII^e siècle en effet, des devis précèdent l'ouverture du chantier, des enchères au rabais sont organisées et les commanditaires sont en mesure d'estimer les dépenses relatives à une tranche de travaux. À la fin du Moyen Âge, les documents conservés attestent de l'établissement de bilans intermédiaires : en 1501,

le chanoine de Sens, Jean Charbonnier, a calculé que le portail d'Abraham avait coûté 1 390 livres depuis le début des travaux, soit l'équivalent de 11 000 journées de salaire d'un compagnon maçon.

Ainsi les cathédrales gothiques françaises ont-elles été principa-

lement érigées grâce aux dons des laïcs. Les chanoines, aidés des évêques et soutenus par les papes, ont habilement su solliciter les bienfaiteurs, promettant à ceux qui participaient à la construction et à l'embellissement de l'église-mère du diocèse de bénéficier de la faveur divine. De fait, les paysans des paroisses rurales ont sans doute autant contribué à l'édification des cathédrales des cités que les bourgeois des villes.

3 – H. Kraus, *À prix d'or. Le financement des cathédrales*, Cerf, Paris, 1991.

Restaurer les cathédrales

« Devoir comprendre pour observer ou devoir observer pour comprendre » ?

Le dilemme auquel sont confrontés les experts de la restauration est des plus ardu. Du microprélèvement d'un échantillon de peinture murale à l'exploration du comportement des structures de maçonnerie anciennes, entrent en jeu des attitudes, des techniques et des compétences qui ne doivent jamais oublier l'identité singulière de l'édifice à sauvegarder. ■

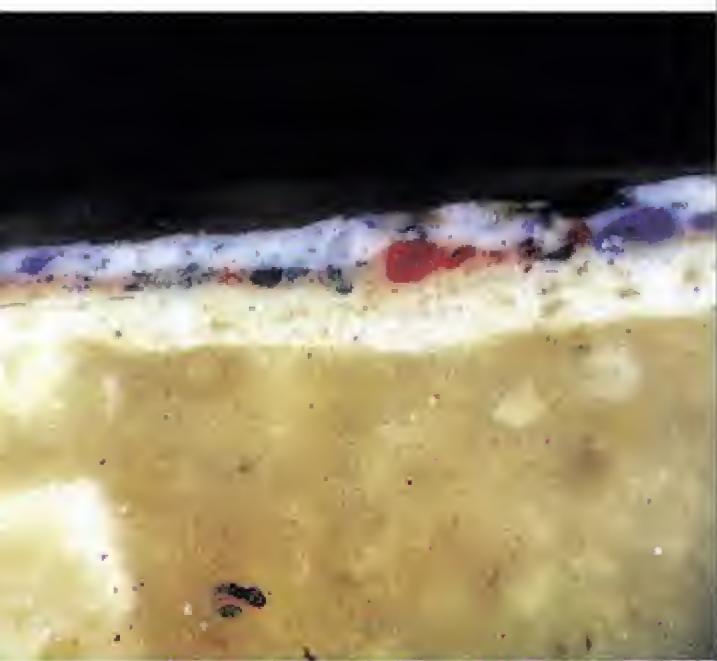
A l'aide d'une batterie de tests physico-chimiques, le laboratoire de Champs-sur-Marne (LRMH) étudie les phénomènes d'altération des monuments et les techniques de conservation.



▷ Les cathédrales et

Sous l'effet de la pollution et du vieillissement naturel, les cathédrales se détériorent au fil des années. Pour retrouver un aspect proche de celui de leur origine, il faut procéder à des analyses fines des matériaux et de leur degré d'altération.

Par Muriel Valin



Derrière les boiseries

du chœur de la cathédrale d'Angers, des peintures du XIII^e siècle ont été mises au jour. Pour déterminer la composition et le liant de ces œuvres, on place un échantillon dans une résine et on en observe une coupe au microscope (ci-dessus). Il faut ensuite pratiquer une spectrométrie infrarouge et une analyse par chromatographie en phase gazeuse. Le liant était finalement de l'huile de lin.



le laboratoire

Comment rénover fidèlement les cathédrales gothiques lorsque l'on est forcé de remplacer des pièces ? Quel procédé utiliser pour gommer les altérations sans dégrader les éléments encore intacts ? Comment surveiller l'effet d'une intervention et sa durabilité après des travaux de restauration ? Ce sont là les questions que se posent quotidiennement les membres du laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH). Situé dans les annexes du château de Champs-sur-Marne, il s'agit d'un lieu d'expérimentation unique. Ici, on étudie les phénomènes d'altération et les techniques de conservation des monuments. Dans ces locaux, trente-deux personnes parmi lesquelles des chimistes, des géologues, des microbiologistes et des biochimistes qui sont sollicités régulièrement sur tout le territoire français, pour préparer et assister des chantiers de restauration.

Dans un premier temps, leur travail consiste en général à établir un diagnostic pour essayer de comprendre les phénomènes de vieillissement des monuments.

Avant toute restauration, il faut identifier les causes de l'altération

Il s'agit alors de remonter à leur source pour mieux lutter contre les altérations et pouvoir suggérer des remèdes aux architectes et restaurateurs. Sur le terrain, les chercheurs du LRMH prélèvent des échantillons de taille variable, du microprélèvement sur une peinture rare jusqu'au panneau de près d'un mètre carré sur un vitrail. Ils les rapportent au laboratoire où ils procèdent à

une analyse complète : observation au microscope, étude de la diffraction des rayons X, identification par microtests chimiques sous une loupe binoculaire... Dans certains cas, l'étude nécessite un appareillage particulier, et le LRMH sollicite alors la collaboration de centres d'étude comme l'Inra (Institut national de

recherche agronomique), les Ponts et Chaussées et divers laboratoires de géologie.

Une fois rassemblées, toutes ces données permettent d'identifier les différents facteurs d'érosion. Si le vieillissement naturel est le premier responsable de la dégradation, l'impact de l'environnement a souvent un rôle d'accélérateur. Ainsi, des pierres noircies sont en général le signe

d'une pollution excessive par les fumées de la circulation automobile ou les poussières agglutinées. Les échantillons érodés sont, eux, plutôt la conséquence de pluies acides ou d'attaques par des micro-organismes (bactéries, lichens...). Dans ce dernier cas, il est indispensable d'identifier la nature de l'élément contaminant pour pouvoir →



◀ Avant... Après

La pollution a recouvert les vitraux de Chartres d'une couche noire. Le verre s'est aminci et présente par endroits des cratères. Grâce à l'observation au microscope des différents précipités de calcite et de gypse qui se produisent en surface, on peut ensuite appliquer des compresses pour éliminer les croûtes.





▲ **A deux maux, deux remèdes**

Sur la façade de la cathédrale de Rouen, les sculptures ont été attaquées par deux sources d'altération : les pluies, responsables de l'érosion, et la pollution, à l'origine d'une croûte noire. À partir de 1995, les zones menacées d'effritement ont été imprégnées de consolidants et les croûtes noires nettoyées au laser.

Intervenir. Les échantillons sont donc mis en culture dans un laboratoire de microbiologie, puis observés au microscope. *« Comme un médecin, on essaie de comprendre le développement d'une altération pour établir un diagnostic. On prescrit ensuite une ordonnance en conseillant un traitement adéquat à l'attention de l'architecte »*, explique Isabelle Pallot-Frossard, la directrice du LRMH. L'examen devient plus complexe lorsque les dégradations ont pour origine des facteurs locaux inattendus : par exemple une infiltration d'eau, une migration de sels solubles... Dans la vallée du Rhône, le LRMH

Une fois le diagnostic établi, le LRMH intervient pour identifier la nature des matériaux de construction de la cathédrale : les pierres, le mortier... Ces informations sont essentielles pour remplacer une partie dégradée tout en préservant l'esthétique globale du monument. À partir d'un échantillon, un expert détermine le type de matériau et indique au restaurateur la liste des carrières en France où il va pouvoir prélever des pierres similaires. *« Souvent, la carrière d'origine n'est plus en activité, il faut donc trouver une roche de substitution qui soit proche de l'élément d'origine par ses propriétés*

Le matériau « greffé » doit être proche de la pierre d'origine

à ainsi découvert, il y a quelques années, que des papeteries locales polluaient l'atmosphère en émettant des particules de cellulose. Ces poussières avaient tendance à attirer et à nourrir des micro-organismes. Par la suite, ces derniers venaient s'accumuler sur les pierres. C'est toute une chaîne polluante qu'il a ainsi fallu reconstituer.

tés et notamment sa couleur. » Sur la cathédrale de Rouen, par exemple, il a fallu procéder à une imitation complète pour remplacer des sculptures de la façade. Très dégradées, celles-ci ont été retirées et mises à l'abri. Le choix s'est porté sur des moulages faits à partir de matériaux durables, compatibles avec la pierre de la cathédrale.

« Si on utilise un matériau dont la porosité et la perméabilité sont trop différentes de la roche d'origine, il risque d'y avoir des accumulations d'eau dans la pierre saine qui provoquent des altérations. » Ainsi faut-il, comme pour une greffe, trouver un matériel compatible avec le support initial pour prévenir les effets secondaires, ou les phénomènes de « rejet ».

Cette analyse de composants se pratique sur divers supports comme la pierre, le verre ou le bois, mais aussi sur les peintures. Il s'agit alors d'un véritable travail d'orfèvre, car l'échantillon prélevé est souvent de la taille d'une tête d'épingle. Or, dans ce domaine, il y a beaucoup à faire pour les cathédrales gothiques : outre leurs peintures murales, elles possèdent de nombreuses sculptures peintes, avec des polychromies très riches, dont la plupart ont disparu temporairement sous des couches de pollution, ou plus définitivement sous l'effet de la condensation et des eaux de pluie. Le LRMH doit donc détecter l'éventuelle présence de telles peintures afin d'éviter qu'elles soient éliminées au moment du nettoyage. Dans





◀ **Nettoyage en cours**

C'est au laser que la croûte noire résultant de la pollution est arrachée à la pierre.

Ci-dessous, sur la coupe de l'échantillon prélevé, on peut voir l'avancement des travaux. On distingue nettement la croûte noire de pollution, l'épiderme de la pierre et le calcaire sain.



certains cas, lorsqu'elles sont encore « lisibles », on peut même les mettre en valeur.

Pour procéder à l'analyse des pigments et des liants, les échantillons de peinture sont inclus dans une résine puis analysés en coupe stratigraphique. Au microscope optique, on visualise les différentes couches puis, avec un microscope électronique à balayage couplé à une sonde adaptée, on identifie plus fine-

▼ **Vieillesse artificielle**

Pour tester l'efficacité des produits protecteurs, on soumet des échantillons à des variations d'humidité et de température dans une enceinte à vieillissement.

ment les pigments. La nature du liant (peinture à l'huile, à la colle, à la caséine) nécessite, elle, des appareillages spécifiques : un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier et un chromatographe en phase gazeuse. Isabelle Pallot-Frossard en donne la raison : « *Si on restaure une peinture à l'huile avec un liant fait d'huile, le jour où l'on voudra enlever la couche restaurée, on risque d'utiliser un solvant qui fera tout disparaître, la retouche comme l'original. Il est donc fondamental de ne jamais employer le même liant que celui utilisé initialement.* »

Entre esthétique et réparation

Car la subtilité du travail de restauration réside justement dans ce difficile compromis entre le respect de l'œuvre originale et les essais pour mettre en valeur ce qui a été détérioré. De fait, quand le site le permet, il est finalement préférable d'essayer de sauvegarder l'existant avant de songer à procéder à des substitutions. Certaines pierres complètement ensevelies sous des traces de pollution sont ainsi nettoyées et restaurées bien



qu'elles donnent l'impression d'être complètement détériorées. Depuis 1987, le LRMH a monté des programmes de recherche pour mettre au point un laser, capable de nettoyer sans altérer le support d'origine : le laser pulsé Nd-YAG. Des impulsions infrarouges très brèves sont projetées sur la surface à traiter et fragmentent en poussière la couche polluante. Suivant la pierre, on peut faire varier la →



▼ Une patine de bactéries

Pour protéger la pierre ou réparer les fissures, le LRMH expérimente depuis quinze ans le traitement par biominéralisation.

Cela consiste à pulvériser des bactéries *Bacillus cereus* sur la surface à restaurer.

En se développant, ces bactéries produisent une fine couche de cristaux de calcite, plus esthétique que la silicone ou la résine et qui assure une bonne protection de la pierre.



◀ A l'avenir ▶

Pour protéger les vitraux de la pluie et de la condensation de la vapeur d'eau, le LRMH propose de recouvrir leur face externe d'une double verrière. À Chartres et à Tour, des capteurs de température et d'humidité transmettent en continu leurs données au laboratoire afin de contrôler l'efficacité de ce type de protection.



comme les vitraux, on a recours à un nettoyage chimique à partir de produits complexants du calcium, appliqués sous forme de gels avec un pinceau, puis soigneusement rincés.

Quand le nettoyage est complètement terminé, l'activité du laboratoire ne s'arrête pas pour autant. Les chercheurs sont régu-

tation *in situ* sur les cathédrales de Meaux et de Nantes, où des zones tests ont reçu des produits hydrofuges et consolidants. Régulièrement, les chercheurs retournent sur les lieux et analysent le comportement et l'efficacité de ces produits protecteurs. Il est encore trop tôt pour connaître dans le détail l'impact de ces

Un dépoussiérage régulier reste la meilleure des protections

fréquence des impulsions et la distance à laquelle le laser est déclenché. Si cette technique est bien rodée, elle s'avère néanmoins coûteuse. Parfois, la méthode la plus appropriée se révèle être le nettoyage par microabrasion à sec, qui consiste à projeter des particules, comme des billes de verre ou de la poudre de noyaux de pêche ou d'abricot. Si le support est vraiment sensible,

lièrement sollicités pour effectuer des suivis de chantier. Et quand le terrain ne les appelle plus, ce sont les programmes de recherche qui les occupent. « Pour éviter que les cathédrales continuent à se dégrader, nous étudions en ce moment la possibilité d'appliquer des produits hydrofuges, anticorrosion et consolidants qui protégeraient mieux les monuments des attaques de l'environnement », explique Isabelle Pallot-Frossard. Depuis 32 ans, le LRMH a d'ailleurs lancé une expérimen-

substances à très long terme, mais si l'utilisation de ces produits venait à se généraliser et que les travaux de restauration étaient organisés plus fréquemment sur les monuments, les cathédrales pourraient bien un jour retrouver une seconde jeunesse. Et la directrice du LRMH de rappeler que « rien n'est plus efficace et moins endommageant qu'un dépoussiérage régulier, surtout quand on le compare à une campagne de désencrassement pratiquée une fois tous les 50 ou 100 ans ». ■

trimestriel
avril 2019

HORS
SÉRIE

286

SCIENCE & VIE

ARISTARQUE FRANCE



TOUTANKHAMON

L'ÉNIGME ÉTERNELLE

VALLÉE DES ROIS QUE RESTE-T-IL À DÉCOUVRIR ?

Actuellement en vente
chez votre marchand de journaux ou en ligne sur

KIOSQUE
mag

Disponible sur
KiosqueMag.com

▷ La physique pour comprendre

Pour transmettre aux générations futures ces grands objets mécaniques qui ont déjà traversé sept ou huit siècles, il faut adopter l'attitude d'un authentique scientifique : avoir la modestie d'écouter les confidences de ces bâtiments et savoir les interpréter pour en tirer des règles à suivre.

Par Jean-Louis Taupin

Une Cathédrale. Supposons que mon intérêt pour cet objet étrange devienne interrogation organisée, exploration liturgique, esthétique, historique, structurelle, économique, ergonomique exigeante... En regard de tout ce qui nous est aujourd'hui habituel, « l'objet-cathédrale » révélera bien des caractères d'étrangeté. Des indices forts évoquent des com-

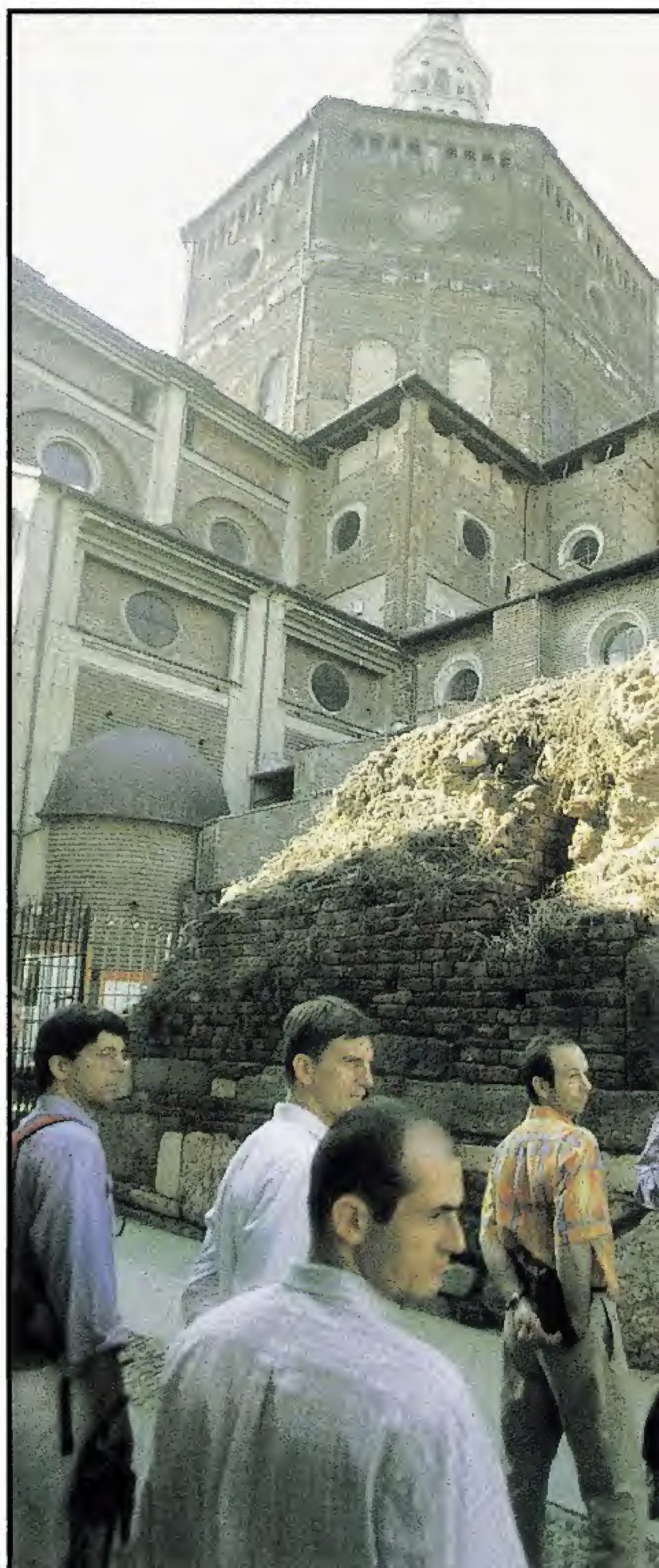
nues survivent, que l'exploration se poursuive, rejaillisse avec des moyens de compréhension encore inconnus. Les moyens d'observation conquis dans les dernières années assurent des progrès futurs. Je me demanderai comment faire – surtout ce qu'il faut ne pas faire! – pour que d'autres, après nous, puissent explorer aussi longtemps que des capacités de lecture plus performantes viendront à leur disposition. Car j'aurai été profondément convaincu que les compétences de l'humanité passée – qu'on a la vanité d'oublier – ne sont certainement pas sans valeur pour l'humanité à venir. Belle idée, qui aura de la consistance dans la mesure où c'est bien l'édifice venu d'avant moi, l'édifice que j'ai eu en face de moi, qui parviendra dans son identité matérielle aux générations futures. Il ne pourrait sans être dénaturé, anéanti, être affublé d'une autre constitution matérielle que celle-là. Le premier caractère de l'architecture est d'être une œuvre physique particulière.

Or, les structures âgées sont travaillées par le vieillissement.

L'architecture est avant tout une œuvre physique particulière

pétences disparues, dont la performance est prouvée par la persistance de l'ouvrage sur sept ou huit siècles. Des questions apparaîtront, auxquelles on ne pourra pas répondre sur le moment. J'en viendrai à souhaiter que l'édifice et sa complexité mécon-

D'un côté « l'entretien » doit pallier l'usure quotidienne de la substance (une sorte d'évaporation). D'un autre côté on peut avoir, au bout d'un certain temps à prendre des initiatives pour pallier les effets de choix dont les constructeurs ont pu sous-estimer les



J.-L. TAUPIN

conséquences à long terme.

Voilà posé le problème de la conservation des édifices, ces messages portés par l'océan de l'histoire. Des attitudes, des techniques, des compétences aussi particulières et raffinées que celles de l'exploration du monument sont à mobiliser pour engager le projet de conserver l'identité d'une réalité qui n'est que très fragmentairement connue.



La cathédrale de Pavie, orpheline de la Torre Civica. Sous le rebord du toit de la nef, les antennes acheminent vers l'université des signaux du système de surveillance de l'édifice (août 1999).

Une routine molle affuble cette tâche du mot vague, équivoque et dangereux de « restauration ». Vague car il n'annonce pas ses intentions, équivoque puisqu'il ne prend pas ses distances par rapport à une reconstruction qui ne peut – elle prétend se faire « à l'identique »! – se soustraire au reproche d'hypocrisie, et dangereux, parce que ses effets de falsification démesurés ne seront jamais réparés.

Malgré les perspectives ouvertes par des approches plus raffinées, peu d'opérations encore peuvent illustrer notre manière d'envisager les choses. Les falsifications qu'on a longtemps acceptées dans les interventions sur les monuments pourront être mieux mesurées lorsqu'on percevra plus sérieusement que l'identité d'un édifice s'appuie sur une réalité matérielle mécanique fondatrice irremplaçable et que la singularité de la forme n'est autre que la résultante visible de cette réalité.

Un cas d'école

La campagne de soins dont la Tour de Pise a été récemment l'objet se rattache clairement à cette pensée. Elle est une expression de ce qui est possible. À l'approche d'une situation d'instabilité très inquiétante pour un objet de constitution relativement simple, malencontreusement installé sur un terrain au comportement fantasque, on a décidé de se consacrer à une observation très exigeante au moyen d'une instrumentation définie avec sagacité, soutenue dans le temps. Les résultats, étudiés et interprétés rigoureusement, sont comparés à des modèles numériques construits pour mimer les phénomènes physiques et en offrir à l'expérimentation intellectuelle une représentation vraisemblable et recyclable.

Des précautions minimales, suffisantes et réversibles étant satisfaites, on a pris le parti de ne rien faire avant d'avoir compris ce qui se passait et ce qui se passerait dans l'application de telle



GIORGIO MACCHI

et telle stratégie à mettre au service d'une politique de conservation de la Tour. On sait que l'objectif pour (*grosso modo*) la période 2000-2050 proposée par le comité international d'experts que le gouvernement italien a placé sous la présidence de Michele Jamiolkowski a été atteint en 2001. Il s'agissait de réduire de 10 % le porte-à-faux de 4,50 m du sommet de la Tour. Les interventions décidées sont concises et élégantes : soustraction sous haute surveillance, par carottage, d'une fraction du terrain sous la partie la moins affaissée de la Tour (expert géotechnicien : John Burland), après qu'on ait amélioré la cohé-

Le plan de la ville

romaine se perpétue dans la Pavie moderne. La cathédrale et la Tour municipale avant 1989, date de l'effondrement de cette dernière.

Ce vestige de la Tour

est soumis à des épreuves de compression au laboratoire de l'université de Pavie.



J.-L. TAUPIN

→ sion des maçonneries inférieures (expert structures Giorgio Macchi). Aucune des phases transitoires ou principales qui se sont déroulées sur une dizaine d'années n'a été conduite sans que l'évolution de la situation soit finement observée, enregistrée et interprétée en temps réel.

Pour mieux comprendre en quoi l'épisode de la Tour de Pise marque un moment important de l'histoire de la conservation des monuments, il est utile d'abord de se souvenir qu'il s'amorce dans un climat de mobilisation d'expertises stimulé en Italie par plusieurs séismes ravageurs (Frioul 1976, Irpinia 1980). Depuis plusieurs années, des conditions étaient favorables à une réexploration du comportement des structures de maçonnerie anciennes (préindustrielles), une compétence qui avait été largement écornée par les pratiques hégémoniques de l'industrie du bâtiment du XX^e siècle. Il faut ensuite rappeler un fait qu'on a un peu passé sous silence : l'opération de Pise

ne édifiées aux XI^e et XII^e siècles au cœur de la ville (les autres effondrées ou préventivement raccourcies) : d'autre part dans la cathédrale, la coupole de 28 m de diamètre et les huit minces piliers qui la portent.

Le mécanisme d'effondrement soudain de la Torre Civica a été déchiffré : une annihilation soudaine de la capacité portante de la Tour, à la suite de l'accumulation lente de déliaisonnements cachés, invisibles au sein des maçonneries hétérogènes, dans une région où une plus grande densité de vides (portes, escalier, baies) avait établi un régime de tensions mécaniques plus intenses. « *Les chaînes d'éléments plus résistants ouvrent des boulevards aux contraintes* »¹ : la menace d'un mécanisme aussi sournois que probable est là. Il était urgent d'obtenir une vision réaliste aussi exhaustive que possible du champ de contraintes mécaniques particulier à chacun de ces sept édifices dont l'âge s'étendait entre cent et huit cents ans.

En mars 1989 s'effondre, sans indice précurseur, la Torre Civica

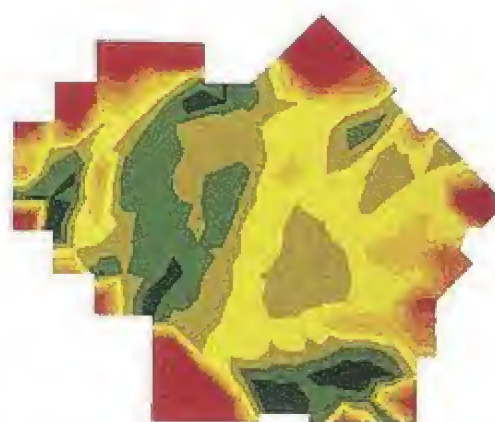
a été substantiellement portée par les progrès issus de ce qu'on pourrait appeler « le cycle d'acquisition de connaissances de Pavie ». Cette action de caractère complexe très pragmatique a été mise en route – à l'abri des médias – lors de l'effondrement en mars 1989 sans indice précurseur, sans excitation sismique, de la Torre Civica mitoyenne de la cathédrale Santo Stefano.

Les tours d'ostentation

Le « Cycle de Pavie » associe et coordonne une série d'initiatives visant à mettre en sécurité des édifices anciens de cette ville pour lesquels, en 1989, on pouvait avoir des inquiétudes : d'une part six tours, étroites et élancées construites en brique, sans autre utilité que l'ostentation, dernières survivantes de la grande centai-

Six mille mètres cubes de blocs de maçonnerie médiévaux étaient entassés sur le site de l'effondrement. Giorgio Macchi, un ingénieur actif dans le domaine du génie civil et titulaire de la chaire de Structures à l'université de Pavie, a été chargé de régler une stratégie permettant à la ville de faire face à la situation. L'ingénieur a visé plusieurs objectifs. D'abord mieux comprendre le comportement de ces structures particulières. Celles-ci sont constituées par des blocages de matériaux à peine dégrossis et

1 – Remarque de l'ingénieur aéronautique Philippe Nicot.
2 – Cette technique de remplissage, héritée de pratiques romaines, s'oppose à celle qu'on a privilégiée lors de la grande époque de construction des cathédrales françaises : les parties les plus sensibles étaient constituées de blocs – de « quartiers » – d'assez fortes ou de moyennes dimensions soigneusement croisés.



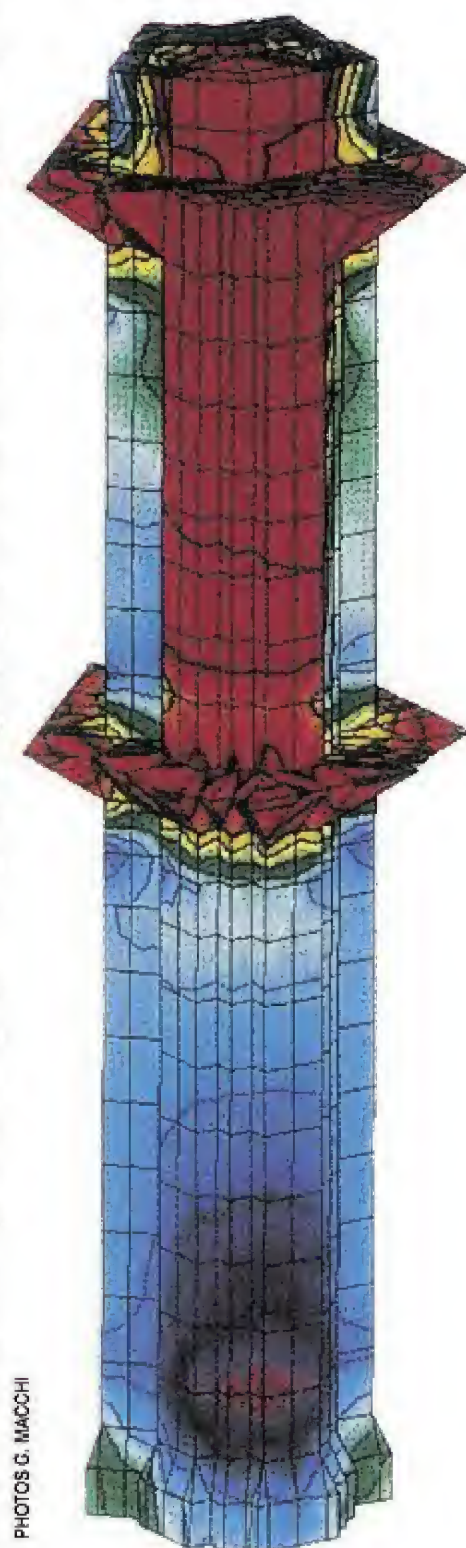
Pour étudier la capacité

d'un pilier à se déformer sous les contraintes, on mesure la vitesse à laquelle une émission d'ultrasons le traverse. Sur ce diagramme qui résulte d'un traitement numérique, la vitesse de propagation en chaque point du champ traduit la valeur plus (rouge) ou moins (vert) élevée du coefficient d'élasticité du matériau.

teverses avec une abondante matrice de mortier de chaux dans une sorte de caisson constitué assise par assise : les parements définitifs de façade en brique ou en pierre ou en marbre massif, régulièrement appareillés, relativement peu épais².

Dans cette construction dite « *a sacco* », les charges tendent inévitablement avec le temps à se retirer des parties centrales moins dures et à se concentrer sur l'enveloppe plus raide. Les déformations de l'une et de l'autre parties – même faibles – ne peuvent s'opérer sans que les ruptures s'accumulent entre les deux : des flexions, des ventres, des flambages se développent dans les parties extérieures dures mais trop minces, progressivement isolées alors que grandit la part du poids de l'édifice qu'elles portent. Ce mécanisme a été soigneusement étudié par les expériences faites sur les blocs de muraille récupérés dans les décombres de la Torre Civica et transportés à l'université de Pavie. Il a encore été observé en 1996, lors de l'effondrement inopiné de la cathédrale de Noto en Sicile avec la propagation immédiate et catastrophique amorcée soudainement sous la coupole, dans le pilier que traversait l'escalier de la chaire.

Afin de déceler des situations similaires dans les six tours d'ostentation subsistant dans la ville, l'équipe de Giorgio Macchi a mesuré les pressions effectivement créées par les charges dans les murailles des tours. On commence par repérer avec précision la distance de deux points placés à l'aplomb l'un de l'autre sur une muraille, en opérant si nécessaire à partir d'une escarpolette le long d'une paroi à pic.



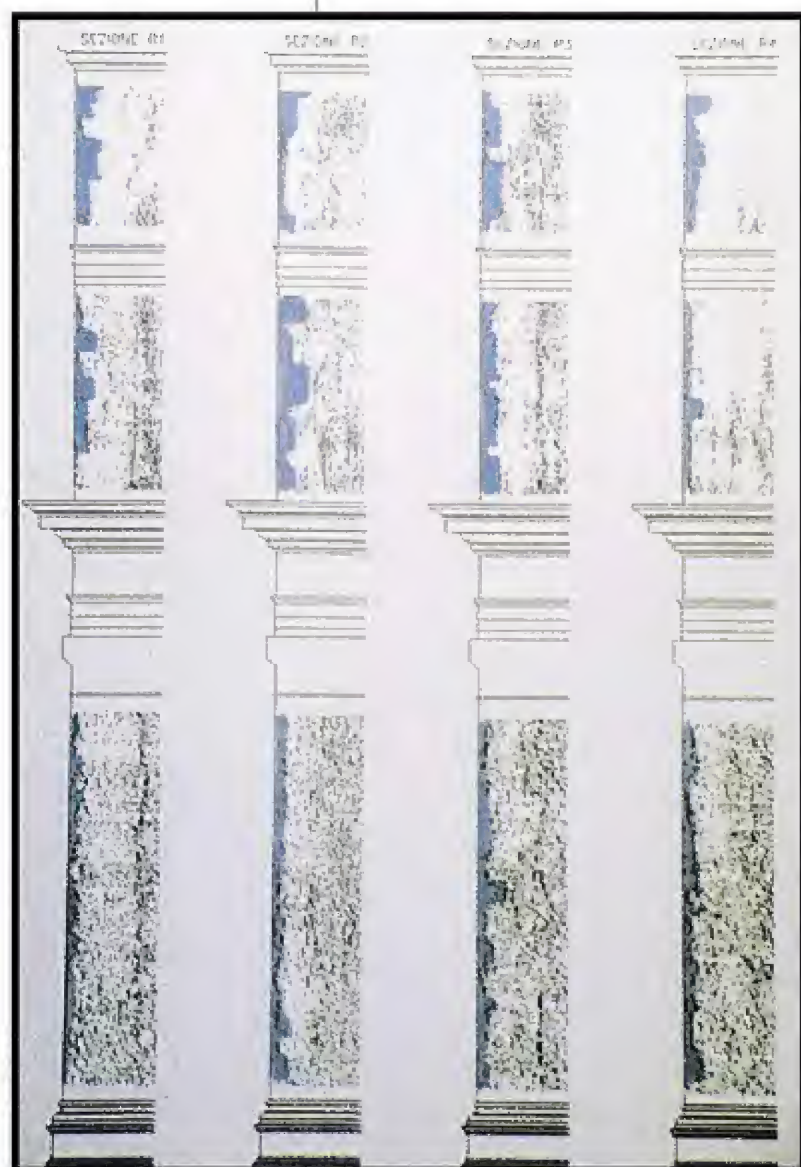
PHOTOS G. MACCHI

On creuse une fente horizontale entre ces deux points. Les deux points se rapprochent. On glisse dans la fente un vérin plat et large qu'on « gonfle » jusqu'à ce que les deux points retrouvent leur distance initiale. On connaît la pression qu'on a établie dans le vérin, donc à peu de choses près celle qui existait dans le mur. Pas question – sauf à prendre le risque de déclencher une catastrophe en attente! – de faire cet exercice dans les parties les plus sollicitées de la structure. On s'emploie à recenser les zones de moindres pressions effectives repérables dans le bilan général de contraintes fourni par un modèle numérique mimant l'ensemble de la tour. Sur la base de ce bilan, on discerne aussi dans quelles parties on doit redouter des contraintes importantes ou excessives.

D'autres observations nourrissent le diagnostic. Il est connu que l'état de discontinuité interne d'une structure – plus ou moins liée, plus ou moins endommagée – est dans un rapport obligé avec la vitesse de propagation des vibrations et avec la fréquence des vibrations qui peuvent préférentiellement s'y développer (fréquences de résonance propre). On mesure la vitesse à laquelle une émission d'ultrasons traverse une pile, un mur. On étudie les spectres de résonance de chacune des tours sous l'effet d'impacts volontaires⁽³⁾, ou simplement sous l'effet du vent. Un exemple : après une déflagration de la foudre, un changement soudain du régime de résonance propre a été constaté sur l'une des tours, témoignant

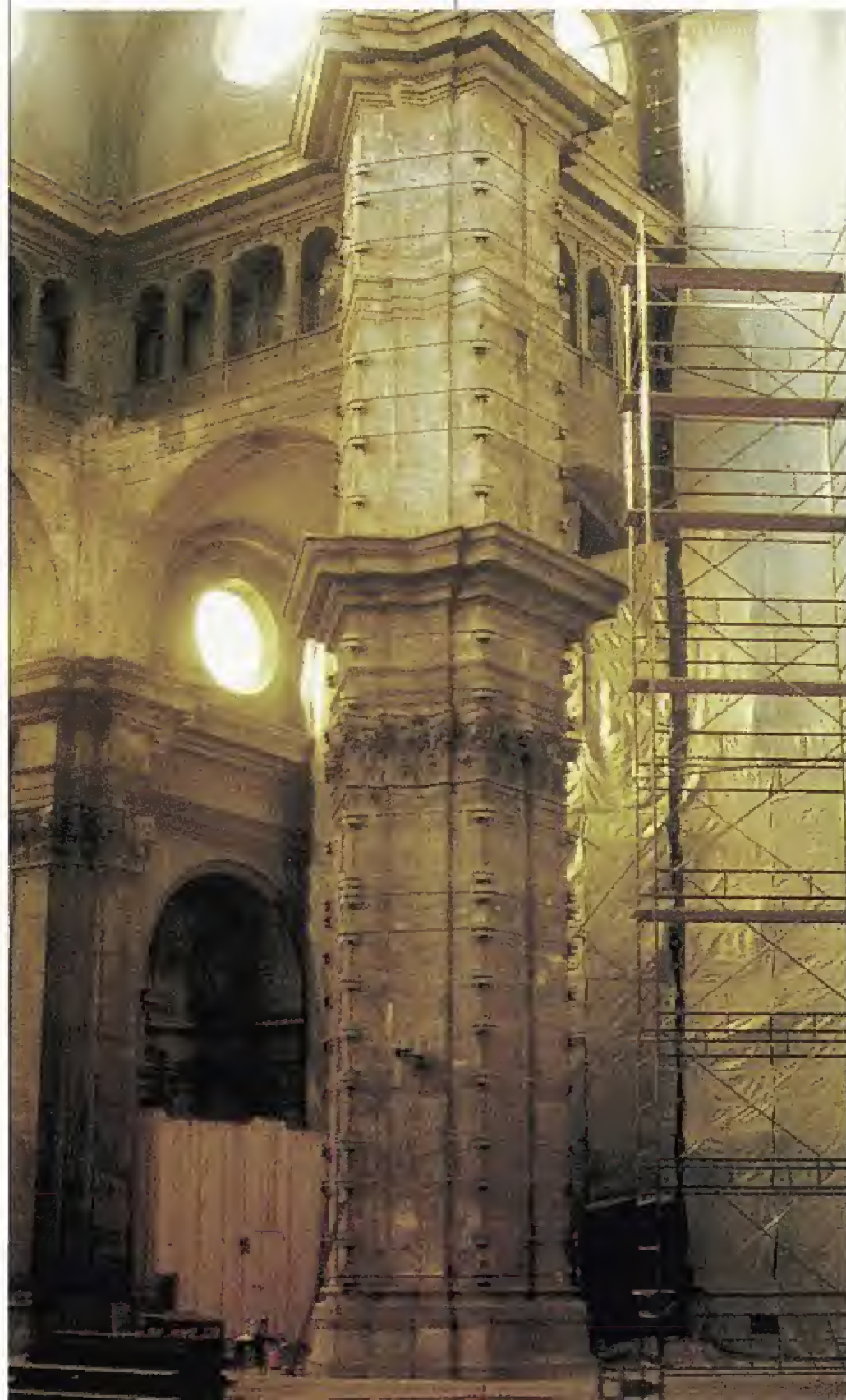
d'un saut irréversible dans l'endommagement.

L'évolution de la situation des édifices – les tours et la cathédrale – est suivie au jour le jour, sans discontinuer. Les informations fournies en permanence par les instruments de mesure installés à demeure, en des points révélateurs des structures, indiquent soit un *statu quo* soit une aggravation. Toute mesure obtenue sera à comptabiliser à charge ou non dans un bilan de sécurité. Pourquoi ? Certainement pas seulement parce qu'on aurait constaté, pour un paramètre donné, une valeur réelle différente de celle prévue par le genre de modèle rationnel déductif qu'on fait en dressant le projet d'un édifice à créer. « *J'insisterai ici sur un point que tout le monde connaît mais oublie facilement, que tous les calculs, →*



Piliers sous observations

À gauche, état de contraintes de la surface d'un pilier tournée vers l'extérieur de l'édifice. Les plus grandes compressions sont en bas. En haut : état de fracturation d'un pilier. À droite : un pilier provisoirement ceinturé par des câbles modérément tendus.





Tour de Pise

Simulation numérique de l'un des points les plus critiques de l'ensemble de la structure. Il s'agit de l'appui du mur cylindrique sur le soubassement, plus épais, mais hétérogène de l'étage inférieur, au passage de l'escalier. L'implosion de cette zone est un des scénarios les plus probables d'un effondrement éventuel de la Tour.

→ peu importe leur sophistication et leur complexité, ne peuvent être plus qu'une grossière assertion sur les phénomènes naturels qu'ils essaient de représenter par le biais d'un modèle mathématique. »⁽⁴⁾ Toute « loi de comportement » nécessite, pour être représentée, la construction d'un modèle plus ou moins simple, plus ou moins complexe, dont les éléments constitutifs peuvent être ajustés de différentes manières parmi lesquelles on cherchera à reconnaître la plus réaliste. Les incertitudes en plus ou en moins... ou « en autrement » – qui affectent l'élaboration de nos projets sont telles que, dans la discussion des informations, on serait souvent dans le doute, hésitant entre une alerte prématurée et une excessive tranquillité. Les erreurs de jugement – et le cortège de conséquences néfastes induites par le fait qu'entre deux pronostics douteux on choisit la plupart du temps le pire – sont plus fréquentes qu'on ne croit.

Nous ne devons pas penser dans les termes de nos schémas intellectuels établis pour la construction courante moderne. Le fait que – avec des interruptions, des dérives et des mutations qu'on ne remarque pas assez – les titres

ou qualifications professionnels semblent liés par le fil d'une tradition, ne doit pas faire croire que la compétence des constructeurs et encore moins l'intelligence des inventeurs de cathédrales soient encore disponibles.

Nous sommes devant ces structures « prénewtonniennes » devant quelque chose d'aussi exotique qu'un concept innovant moderne sans précédent : « Chaque nouvelle structure qui s'engage dans un nouveau domaine de grandeur implique de nouveaux problèmes pour lesquels ni la théorie ni l'expérience pratique ne fournissent de guide convenable. Alors nous devons nous en remettre largement au jugement et si, en conséquence, surviennent des erreurs et des échecs, nous devons les accepter comme le prix du progrès humain. »⁽⁵⁾

C'est la réalité physique qui est sous observation et qui est comparée en permanence au régime ordinaire de son comportement.

L'information utile diluée dans des informations invérifiables, serait démonétisée, réduite à rien ! On décide donc qu'une mesure sera prise en compte à deux conditions :

1/ Que l'on puisse comparer – à conjonctures environnementales identiques – les dernières mesures faites en un point donné à celles relevées pour le même point dans la durée d'un cycle déjà étudié ;

2/ S'assurer que de plusieurs points jouant de manière cohé-

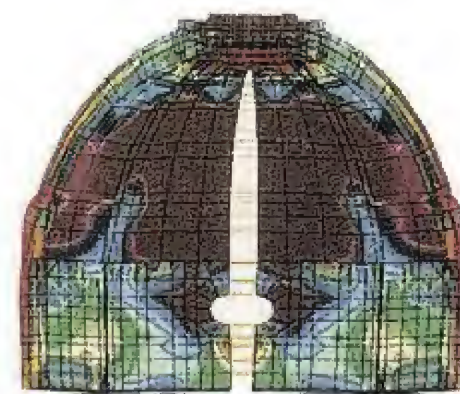
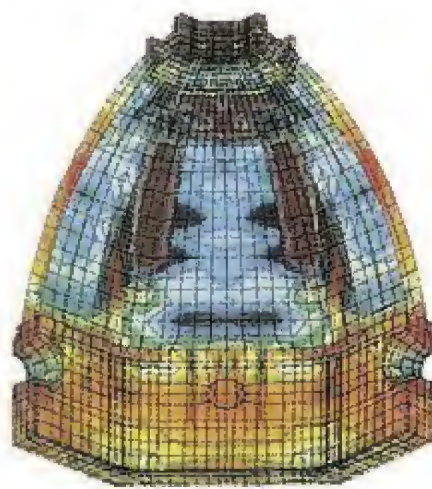
rente dans l'évolution mécanique de la structure – à travers plusieurs instruments qui les surveillent – parviennent des signaux dont les significations sont convergentes.

Dérives observables

La mise sous observation qu'on sait réaliser aujourd'hui des ouvrages complexes – barrages, ponts, cathédrales, etc. – révèle que des dérives y sont à tout instant en cours. L'immuabilité monumentale est l'invention d'un rêve arrogant et naïf. Beaucoup de ces dérives – la plupart – sont des oscillations autour d'une valeur moyenne qui caractérise des cycles successifs assez semblables les uns aux autres. Le plus typique de ces épisodes est piloté par la température : toute structure (sauf rares exceptions) se dilate à la montée de température, se rétracte au refroidissement. Même sans vent, le sommet de la flèche de Strasbourg (une aiguille de pierre qui finit à 142 mètres du sol) parcourt chaque jour une étroite ellipse longue de 100 millimètres environ rythmée par la rotation apparente du soleil. À sa base, la coupole de la cathédrale de Pavie évolue en diamètre et en forme au cours de l'année pour revenir à la saison correspondante suivante à des situations très voi-

4 – David P. Billington, *The Tower and the Bridge – The New Art of Structural Engineering...* 1985.

5 – David Billington op. cit. p. 37.



Une coupole de 28 m de diamètre

Etat de contraintes simulé par modélisation numérique à la surface intérieure de la coupole. Celle-ci, à gauche, est supposée non fissurée. À droite, on étudie la coupole traversée par une fissure axiale semblable à celle qu'on observe sur le monument.

sines. La largeur des quatre longues fissures qui découpent la vaste coupole de la cathédrale de Florence du voisinage du lanternon vers 130 m jusqu'au sol, varie au long de l'année pour revenir pratiquement à ce qu'elle était 12 mois auparavant, à ceci près que l'amplitude des variations est très différente si on regarde au dedans ou au dehors de la coupole extérieure, au dedans ou au dehors de la coupole intérieure.

Mais la mise sous observation des ouvrages complexes peut aussi révéler que des dérives en cours ne reviennent pas à la situation qui était la leur au début d'un cycle : il y a alors matière à s'inquiéter et nécessité d'y regarder de plus près. Le champ des variations qu'on admettra de considérer comme admissibles rapportées aux conditions instantanées de température, niveau de nappe, vent, etc. étant balisé, en quelque sorte cartographié, il devient possible d'y situer en temps réel les données qu'on reçoit et d'apprécier automatiquement la gravité de leur éventuelle déviance. Une organisation a été mise en place autour des ordinateurs de la « Sala di Monitoraggio Duomo e Torri di Pavia » où sont reçus les signaux transmis par radio des capteurs (environ 400 sur la seule cathédrale). Le traitement en temps réel de la situation de chacun des édifices est résumé sur un plan et une coupe schématiques exprimant en nuances de couleur du vert au rouge le niveau d'alerte pronostiqué par des groupes de capteurs affectés à la surveillance de telle ou telle zone. Cet écran d'informations est consultable chez le préfet, le maire, l'évêque et l'ingénieur.

On l'a compris, pour être menée à bien, l'interprétation des confidences abondantes et précieuses émises par l'édifice lui-même exige une compréhension pointue du comportement de ce grand objet mécanique. Une vision tout autre que les formules académiques ou les supputations de

routine répétées pour toutes sortes de bâtiments avec autant d'à-peu-près dans chaque cas, prétextes commodes et indiscutés à nombre d'interventions excessives. Alors un cercle vicieux : devoir comprendre pour observer, devoir observer pour comprendre ?

L'expérimentation sur des modèles numériques, simples d'abord, puis corrigés par l'observation du comportement réel,

la luxuriance des images multicolores de post-traitement dont il est prolix. . . Et que les maîtres d'ouvrage émoussés par les signes de modernité ne détestent pas voir dans les rapports qu'ils ont commandés.

Que mesurer ? Des variations de niveaux, des variations de défauts d'aplomb, des variations de longueur à très courte ou à longue distance. Et pour la description de la situation d'envi-

L'immuabilité monumentale est l'invention d'un rêve arrogant, naïf

progressivement aménagés pour une représentation plus fine des événements, aide à progresser dans la compréhension des mécanismes physiques qui commandent le comportement de l'édifice. Une condition majeure est de ne jamais céder à l'idée qu'un ordinateur puisse fournir, en frappant trois touches, la réponse à des problèmes qui n'auraient peut-être même pas été correctement formulés, quelle que soit

ronnement : la température, le niveau de nappe, la direction, la vitesse du vent, etc.

Ces instruments et les méthodes d'exploitation correspondantes – mémorisation, traitement des données entre autres – sont issus des applications du domaine industriel (aérospatiale notamment) et du génie civil : surveillance de barrages, centrales nucléaires, ponts, depuis que Freyssinet a découvert avec →



Au laboratoire de l'université

ce modèle d'un pilier, construit en marbre pour les parements et en blocage pour le noyau, est soumis à un programme de contraintes. Les données fournies par l'instrumentation, enregistrées depuis cinq ans permettent de comprendre l'évolution du système. Ci-dessus, représentation du système de liens diamétraux et de leur ancrage.

→ la précontrainte les déformations différées.

La liste des instruments d'observation est d'autant plus longue que la singularité des cas à examiner stimule des développements très particuliers (par ex. dans le domaine de la vulcanologie où la précision demandée aux inclinomètres de surveillance atteint des sensibilités incroyablement poussées). En conséquence, la vie de monuments peut être perçue sur des échelles de temps s'étendant bien en deçà et au-delà des bandes accessibles à l'expérience humaine ordinaire : d'un côté agrandissements vers le microtemps avec la découverte de vibrations, et de l'autre résumé de chroniques homogènes étendues sur des dizaines d'années avec la découverte des tendances longues (sur 40 années à Florence, dans le cycle organisé par A. Chiaruggi).

Thérapies...

Un problème critique de la cathédrale de Pavie est introduit par la constitution « *a sacco* » déjà décrite des huit piliers construits du XVI^e au XVIII^e siècle et sur lesquels, après bien des hésitations, on a édifié au XIX^e siècle une coupole mince de 28 mètres de diamètre ⁽⁶⁾.

Le champ des contraintes tel que le prévoient différents modèles numériques construits pour la coupole, les piliers, et l'ensemble piliers-coupole, se révèle dans les cartes des contraintes (compression, éventuellement traction), par exemple les coupes horizontales pratiquées à différents niveaux. D'importantes informations de contrôle de ce champ de contraintes sont données par l'application *in situ* des techniques de mesure décrites précédemment. Ces cartes montrent deux faits principaux : d'une part les compressions se font plus intenses côté intérieur de l'édifice en haut des piliers, et vers l'extérieur de l'édifice, en bas des piliers. D'autre part – c'est le plus important – 6 – 4° en Italie par la dimension.

les contraintes de compression connaissent leurs plus grandes intensités en de multiples points des parements où les blocs de marbre viennent en contact sec par leur rebord à cause de la forme donnée par les tailleurs de pierre. La matière a enregistré les effets par de multiples éclatements disséminés sur presque toute la surface des piliers. Jean Rondelet, au XVIII^e siècle, a cartographié des effets similaires sur les quatre piliers construits depuis peu à l'église Sainte-Geneviève. Dans l'un et l'autre édifices, les blocs reposent sur une mince arête commune, la maçonnerie moins raide du noyau laisse les contraintes de charge se dévier vers les pierres extérieures, en particulier – dans le cas parisien – sur les petites cales de bois dur insérées dans les joints vides en attente du mortier. À Paris, Rondelet, successeur de l'architecte concepteur Germain Soufflot, tirant les conséquences de la mise en place naturelle des ouvrages, avait d'abord imaginé, pour reporter les charges sur la partie centrale des piles, d'ouvrir une mince fente entre toutes les assises de blocs externes (la proposition avait aussi été faite de maintenir les parements entre eux par des barres de fer traversant les piliers). Il a complété ces propositions de remède en entourant les piliers d'une enveloppe de pierre lors de la transforma-

* Scénario 2 : démontage (pièce par pièce en vue du remontage) des parements des piliers existants, et remplacement du noyau par exemple par un pilier de béton armé.

* Scénario 3 : recentrer les charges sur le noyau des maçonneries originel et faire disparaître les contacts mécaniques entre les éléments de marbre blessés qui abondent dans l'écorce des parements.

La crainte de voir les blocs se fragmenter lors du démontage, ruinant ainsi l'espoir de les réemployer, la difficulté occasionnée par le raccourcissement des poteaux de béton par fluage, l'impossibilité de sortir des carrières d'Ornavasso la quantité de matériau nécessaire à la reconstruction... Toutes ces raisons conduisent à considérer que la troisième voie – quoique délicate – est la seule acceptable.

Cette stratégie exige que soient isolés les blocs de marbre extérieurs entre eux verticalement, mais qu'ils soient reliés entre eux horizontalement à travers les piles. L'isolement est une opération complexe où s'intercalent zone par zone – chaque assise de chaque pilier – des phases de sciage, de reprise de charge sur des vérins plats, de constitution de joints de mortier, dans un ordre de succession rigoureusement organisé. Les liaisons diamétrales sont réalisées par l'ancrage (non visible, sous le

Florence, Pavie, Pise : des moments de réflexions partagées...

tion de l'édifice en Panthéon des Grands Hommes.

L'éventail des interventions imaginables qui s'est dégagé dans la perspective de la compréhension acquise grâce aux explorations menées à Pavie a conduit à reconnaître que les voies possibles sont au nombre de trois.

* Scénario 1 : remplacer un par un les marbres brisés par des marbres à chercher et tirer dans la carrière originelle.

parement) de barres métalliques de petit diamètre, faiblement tendues, engagées dans un petit orifice dans le parement opposé.

La séquence des opérations permet que se recentrent les charges dans la maçonnerie interne ancienne qu'on a précédemment confortée en y injectant un mortier constitué pour qu'il participe au mieux à ce jeu mécanique. Les opérations ont été expérimentées sous surveillance étroite.

te en vraie grandeur dans les ateliers de l'université, puis répétées dans la cathédrale sur un chantier prototype.

Une entreprise exemplaire

L'attention doit obligatoirement se concentrer sur un point : à Florence, à Pavie, à Pise s'est manifestée une adroite capacité à faire fonctionner des moyens intellectuels et techniques très modernes répondant aux vœux d'une conservation respectueuse des monuments anciens. Des déclarations d'intention allaient dans ce sens, dont la plus respectable est la Charte de Venise (1965). On a donné ici à ces intentions des moyens de se réaliser qu'elles n'avaient jamais eus et qu'on n'avait jamais songé sérieusement à leur donner.

Ce récit – très abrégé – de la période 1990-2002 Florence-Pavie-Pise nous met devant une question. Cette remarquable entreprise peut être regardée de trois manières différentes. Laquelle est la bonne ?

1 – On peut considérer que cet investissement impressionnant de l'Etat italien et du comité refondé en 1990 pour la Tour de Pise après l'accident de Pavie, porté par une volonté déterminée d'approfondissement, est un cadeau exceptionnel qui nous est fait. Nous pourrions en tirer de très utiles enseignements si nous savions le regarder comme tel, nous rendant compte qu'un effort d'une telle ampleur a peut-être peu de chances de se répéter.

2 – C'est peut-être même la préfiguration de ce que seront plus tard les chantiers lucides, sans superflu, sans intentions parasites, des « cathédrales ».

3 – On peut en revanche considérer cela comme un caprice coûteux que se sont autorisé, à la faveur d'une émotion publique maladroite et naïve (une émotion publique ne peut être autre chose), quelques bricoleurs et théoriciens perfectionnistes et désireux d'obtenir un effet d'image... Au total, une démonstration superflue dont on aurait pu,

finalement, faire l'économie.

Nous sommes quelques optimistes – désireux de sérieux et de discipline – à choisir la deuxième opinion, à croire que ce que nous avons vu préfigure une alliance féconde, à gains multiples, entre des champs de compétence habituellement tenus à distance les uns des autres, rendus dangereux, appauvris qu'ils sont par un apartheid de l'esprit tacitement reconduit.

Dans ses développements l'imaginaire culturel s'invente des voies propres. Il oublie son point d'origine. Tandis qu'il affiche un signal communautaire, institutionnel, idéologique, il s'éloigne du miracle de l'esprit inventeur et promoteur de sa Source. Il en arrive à mutiler son objet pour le rendre conforme à sa rêverie : à la cathédrale de Beauvais il sectionne (1960-1982) les tirants médiévaux amortisseurs depuis des siècles de l'oscillation des minces culées des arcs-boutants. Une oscillation stimulée par le rythme des tourbillons type Kármán dans l'écoulement ordinaire du vent. Négligeant cette

loi physique au point de ne pas vouloir étudier les fréquences propres de ces immenses lames de pierre, il croit revenir légitimement en arrière en affublant l'édifice d'une épaisse tubulure d'acier inox (1999-2001) supposée équivalente – voire supérieure ! – aux fins grègements des empiristes médiévaux...

Préférer la réalité matérielle de l'héritage de l'histoire à son image et à l'exploitation de ses images... c'est un souci – primordial – difficilement perçu dans la virtualité des sphères administratives. La revendication, par des institutions, du privilège d'excellence est loin d'être dépourvue d'ambiguïté, d'illusion, de danger. Alimentée par des jalousies corporatives territoriales, elle prépare des conséquences débilantes, sème une dégénérescence culturelle.

Florence, Pavie, Pise, moments d'observations et de réflexions partagées : un progrès de la perspicacité dévouée à la mécanique, à la réalité, à l'histoire, à l'art, à la civilisation comprise dans son intégrité, son unicité... ■

Rupture

Certaines opérations de consolidation s'éloignent de l'esprit inventeur médiéval. À la cathédrale de Beauvais, les tirants qui amortissaient l'oscillation des culées des arcs-boutants ont été remplacés par une épaisse tubulure d'acier inox.



RÉDACTION

8, rue François-Ory 92543 Montrouge CEDEX
Tel. : 01 46 48 48 48. Fax : 01 46 48 48 67.

Directeur de la rédaction : Matthieu Villiers

Rédacteur : Jean-François Mondot

Directrice artistique : Valérie Pauliac

Iconographe : Sophie Dormoy

Ont collaboré à ce numéro :

Jean-Pierre Icikovics, Isabelle Bourdial, Philippe Descamps, Najat Nehmé,
Michel Bancon (*ingénieur conseil*), Paul Benoît (*professeur d'histoire des techniques, Université Paris I*),
Jean-Claude Bessac (*archéologue au CNRS-UMR 154, milieux et sociétés en France méditerranéenne : archéologie et histoire, Lattes, Hérault*),
Yves Boiret (*architecte en chef des monuments historiques*), Denis Cailleaux (*maître de conférences en histoire de l'art et archéologie du Moyen Âge, université de Bourgogne*),
Quitterie Cazes (*maître de conférences en histoire de l'art médiéval, Université Paris I-Panthéon Sorbonne*),
Philippe Descamps, Emmanuel Monnier, Bénédicte Palazzo-Bertholon (*archéologue, UMR 6589-Centre d'études supérieures de civilisation médiévale, Poitiers*),
Françoise Perrot (*directeur de recherche au CNRS, UMR- 8589, laboratoire médiavistique de Paris-LAMOP, Paris-Villejuif*),
Max Polonovski (*conservateur en chef du patrimoine ; directeur du musée des plans reliefs, Paris*),
Alice Rolland, Jean-Louis Taupin (*architecte en chef honoraire des monuments historiques*),
Joël Sakarovitch (*maître de conférences en mathématiques et informatique, Université René-Descartes Paris*), Muriel Valin, Perrine Vennetier.
Alain Erlande-Brandenburg (*conservateur général du Patrimoine*),
Yoann Brault (*chercheur au Centre de topographie parisienne. Archives nationales*), Antoine Ruault (*historien*).

DIRECTION-ÉDITION

Directeur exécutif : Carole Fagot

Directeur d'édition : Sébastien Petit

DIFFUSION

Directeur marketing clients/diffusion : Christophe Ruet

Directeur des ventes : Christophe Chantrel

Directrice marketing direct/abonnements : Catherine Grimaud

MARKETING/INTERNATIONAL

Giliane Douls, Mathilde Janier-Bonnichon

PUBLICITÉ

Directeur exécutif : Cécile Chambaudrie

Contact publicité : Virginie Commun (50 28), Lionel Dufour (50 19)

FABRICATION

Bénédicte Gaudin

PRÉ-PRESSE

Sylvain Boularand (*chef de service*), Christophe Guérin (*responsable adjoint*)

CONTRÔLE DE GESTION

Renaud Terrade

ÉDITEUR : MONDADORI MAGAZINES FRANCE

Siège social : 8, rue François Ory 92543 Montrouge Cedex

Président : Ernesto Mauri

Directeur de la publication : Carmine Perna

Actionnaire principal : Mondadori France S.A.S

IMPRIMEUR

Rotofrance Impression, 25, rue de la Maison-Rouge, 77185 Lognes

ISSN : n°1157-4887

Commission paritaire : n°0521 K 79605

Dépôt légal : Mai 2019

Affichage environnemental / Origine du papier : Finlande.

Taux de fibres recyclées : 0%, Certification : PEFC.

Impact sur l'eau : Ptot 0,005 kg/tonne





« L'ARCHIDIACRE S'ÉTAIT PRIS
D'UNE PASSION SINGULIÈRE
POUR LE PORTAIL SYMBOLIQUE
DE NOTRE-DAME »

Victor Hugo, *Notre-Dame de Paris*